

БИОХИМИЯ

УДК 581.192:582.736.3

ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИСТЬЕВ И СОЦВЕТИЙ *CARAGANA ARBORESCENS* ВО ВТОРИЧНОМ АРЕАЛЕ*

А.Г. Куклина¹, О.В. Шелепова¹, М.П. Колесников²

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

²Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Москва

Проведенный биохимический анализ 5 образцов средневозрастных генеративных растений *Caragana arborescens* Lam. показал, что листья содержат флавонолы рутин (0,40–0,55%), кемпферол (0,34–0,48%), кверцетин (0,15–0,24%), кверцетин-3-0-гликозид (0,45–0,70%), кемпферол-3-0-гликозид (0,30–0,45%) и лютеолин-3-0-гликозид (0,20–0,32%). В соцветиях присутствует кверцетин-3-0-гликозид (0,30–0,54%), лютеолин-3-0-гликозид (0,24–0,30%), диосметин-3-0-гликозид (0,35–0,42%), апигенин-3-0-гликозид (0,35–0,55%) и акацетин-3-0-гликозид (0,15–0,27%). Листья и соцветия *C. arborescens* являются накопителями Zn и Ni, концентрация Ca, Mg, Fe, и Cu в них не превышает референтных значений, характерных для растений Нечерноземной зоны РФ. Обнаружена корреляционная связь между суммой флавоноидов и концентрацией Fe ($r_{0,95}=0,85$) и Mg ($r_{0,95}=0,81$).

Ключевые слова: *Caragana arborescens*, натурализация, флавоноиды, минеральные элементы.

Введение. Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam., *Fabaceae* Lindl.) или «желтая акация» – прямостоячий, многоосный кустарник высотой 2–5 м имеет парноперистосложные листья, состоящие из 4–7 пар обратнойцевидных листочков с шипиком на верхушке. Соцветия зонтиковидные, венчик желтый длиной около 20 мм, бобы удлинено-цилиндрические (длиной до 8 см). Естественный ареал в Западной Сибири, на Алтае, в Саянах, Восточном Казахстане и Монголии [22]. *C. arborescens* – декоративный кустарник с высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью, легко переносящий техногенные условия. Вид введен в культуру в 1752 г. [28], в настоящее время широко применяется в живых изгородях и лесозащитных насаждениях, особенно часто в лесополосах Орловской и Курской обл., реже в Воронежской и Липецкой обл. [9].

В XX в. ботаники неоднократно отмечали самосев *C. arborescens*

* Работа выполнена при частичной поддержке Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий»

в Московской, Костромской, Волгоградской, Тверской, Нижегородской обл. и отдельные случаи натурализации. В XXI в. самосев *C. arborescens* зафиксирован в ряде регионов Центральной России: 1) Тульская обл., Щекинский р-н, на опушке леса в Тульских Засаках (А.П. Серегин и др., 2003 г., МНА); 2) Калужская обл., национальный парк «Угра», в долине р. Выссы (Н.М. Решетникова и др., 2003 г., МНА); 3) Липецкая обл., г. Данков, на правом берегу р. Дон (А.П. Серегин, 2005 г., MW); 4) Владимирская обл., Суздальский р-н (А.П. Серегин, 2006 г., MW); 5) Тверская обл., национальный парк «Завидово», урочище Боярова Гора, сухой сосняк вдоль лесной дороги; там же, кв. 73 Завидовского лесничества, опушка леса (А.А. Нотов, 2007 г., [15–17]). Флористические исследования показывают, что *C. arborescens* натурализуется чаще в нарушенных местообитаниях, как, например, в Курской обл. на территории Центрально-Черноземного заповедника [9], реже в естественных фитоценозах – в Рязанской [25], Липецкой [18], Саратовской [1], Пензенской, Ульяновской обл. и Мордовии [20]. При этом *C. arborescens* пока все же не натурализуется во Владимирской. [19] и Тверской обл. [5], Пскове [21], на юге Карелии, в г. Олонец [23]. Вероятно, что в отдельных регионах вид еще преодолевает барьер, тормозящий процесс освоения новых территорий. Однако *C. arborescens* отнесен к инвазионным видам Северо-Запада Европейской России [8] и включен в список (black-list) потенциально опасных растений Средней России, проявляющих тенденцию к активному внедрению в естественные ценозы [6].

В последние годы сотрудники ГБС РАН регулярно проводят фитохимические исследования чужеродных видов, способных вторгаться в аборигенные экосистемы, с целью выяснения возможностей реализации растительного сырья из популяций вторичного ареала. Способность инвазионных видов рода *Solidago* L. [4], *Bidens frondosa* L. [7], *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt. [4], *Conyza canadensis* (L.) Cronquist [3], *Robinia pseudoacacia* L. [11], *Amorpha fruticosa* L. [12] аккумулировать отдельные элементы и флавоноиды позволяет расширить возможности использования растительного сырья в народной медицине, фитотерапии и гомеопатии, а также понять некоторые физиолого-биохимических аспекты адаптации растений.

Полезные свойства *C. arborescens* могут определяться ее уникальным химическим составом, в настоящее время изученным достаточно слабо. Согласно литературным сведениям, однолетние побеги *C. arborescens* не накапливают токсичные соединения и алкалоиды, сапонины представлены в следовых количествах. Побеги богаты кальцием (до 7900 мг/кг), магнием (до 1200 мг/кг), железом (до 140 мг/кг), медью (~15 мг/кг), цинком (до 46 мг/кг), алюминием (130

мг/кг), также содержат полисахариды, флавоноиды и незаменимые аминокислоты (валин – 1,56, метионин – 0,23, лизин – 0,54, изолейцин – 1,05, лейцин – 0,89, фенилаланин – 0,68, триптофан – 1,21 г/кг абс. сухого вещества). Имеются сведения об использовании *C. arborescens* в народной медицине в качестве противовоспалительного, антимикробного и гепатопротекторного средства [24]. При этом следует отметить, что квалифицированного фармакологического исследования растения не проводилось.

Цель – определение в листьях и соцветиях *C. arborescens* содержания и состава флавоноидов (рутин, кверцетин, кемпферол, лютеолин, апигенин, акацетин и пр.) и минеральных элементов (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd).

Материал и методика. Для проведения биохимического анализа листья с однолетних побегов и соцветия собирали летом 2012 г. на 5 образцах средневозрастных генеративных растений *C. arborescens* (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика образцов *Caragana arborescens*

№	Место сбора	Происхождение
1	Москва, отдел флоры ГБС РАН (55°83'52" с.ш. – 37°61'05" в.д.)	выращен из семян, привезенных в 1971 г. с берега р. Обь, с. Парабель Калпашевского р-на Томской обл.
2	Москва, отдел флоры ГБС РАН (55°83'52" с.ш. – 37°61'05" в.д.)	выращен из семян, привезенных в 1982 г. из Восточного Казахстана: степной склон в пос. Каменный Карьер около г. Каменогорска
3	Москва, вблизи станции метро «Коньково» (55°37'56" с.ш. – 37°31'12" в.д.)	городские озеленительные посадки
4	Московской обл., Балашихинский р-н, Салтыковский лесопарк (55°44'12" с.ш. – 37°52'30" в.д.)	дичающие озеленительные посадки
5	Московской обл., окрестности г. Звеногорода (55°58'44" с.ш. – 37°14'22" в.д.)	дичающие озеленительные посадки

Анализ эссенциальных (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Ni) и 2 условно эссенциальных (Pb, Cd) минеральных элементов проводили методом атомно-адсорбционной спектрометрии согласно ГОСТу 27262-97 на спектрофотометре Hitachi Z-6000. Образцы сушили в затененном месте с

хорошей вентиляцией до воздушно-сухого состояния. Аналитическая повторность опытов 3-х кратная [12]. Концентрации фенольных соединений определяли в Институте биохимии им. А.Н. Баха РАН по следующей методике: воздушно-сухие растительные образцы измельчали ножницами, растирали в агатовой ступке и просеивали через сито с отверстиями 0,5 мм. Перед измельчением растительный материал промывали 70% этанолом для удаления пыли. Общая схема анализа фенольных соединений включала определение полифенолов дифенилпропаноидной группы (флавоны, флавонолы и пр.) [14]. Полученные результаты обработаны статистически с использованием Microsoft Excel. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

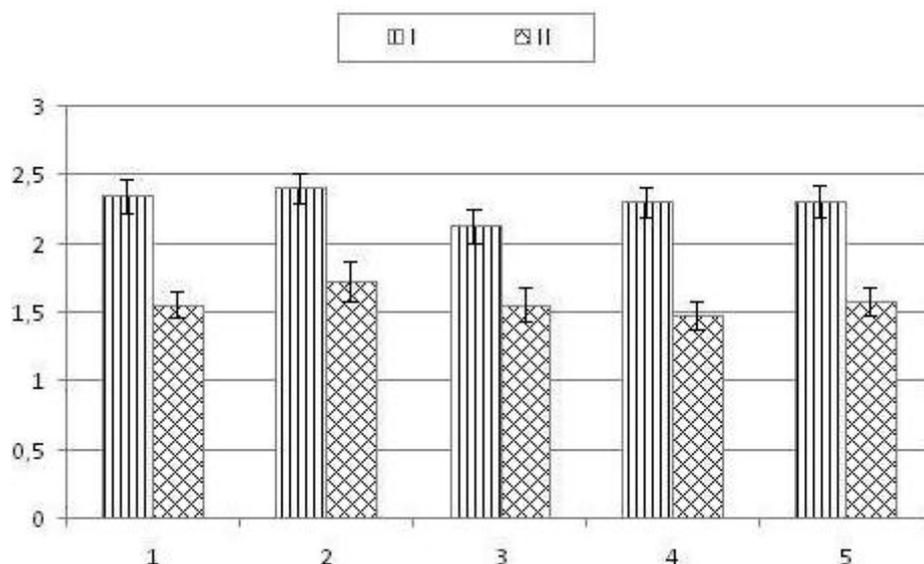
Результаты и обсуждение. Одними из основных физиологически активных действующих соединений, обуславливающих фармакологическую ценность растения, принято считать флавоноиды, соединения способные оказывать влияние на ход самых разнообразных физиологических процессов. В основе биологического действия данных соединений лежат их антиоксидантные свойства, заключающиеся в способности реагировать со свободорадикальными соединениями, образующимися в условиях окислительного стресса. Кроме того, флавоноиды оказывают влияние и на сигнальные процессы, протекающие в живых системах, за счет специфического взаимодействия с белками, выполняющими регуляторные функции [26].

Ранее проведенное нами исследования показали, что максимальное количество фенольных соединений у *C. arborescens* сосредоточено в листьях (3,46–3,64%), немного меньше в цветках (2,40–2,83%) [10]. В составе фенольных соединений представлены флавоноиды (1,47–2,40%), оксibenзойные (0,35–0,54%), оксикоричные (0,05–0,15 %) кислоты и их эфиры. Суммарное содержание флавоноидов в листьях *C. arborescens* в 1,4–1,8 раз выше, чем в соцветиях (рис. 1).

При этом у образцов № 1 и 2 их концентрация несколько выше, что возможно связано с повышенным уровнем питательных веществ в окультуренной почве на экспозиции ГЭС РАН. В популяциях дичающих растений *C. arborescens* отмечена тенденция увеличения содержания сумм флавоноидов в листьях.

В составе флавоноидного комплекса листьев *C. arborescens* идентифицированы наиболее склонные к окислению флавонолы рутин, кемпферол и кверцетин и их более инертные гликозирванные формы – кверцетин-3-0-гликозид (доминантный компонент), кемпферол-3-0-гликозид и лютеолин-3-0-гликозид (рис. 2). Рутин и кверцетин являются наиболее эффективными восстановителями супероксидного аниона, соединения образующегося в больших количествах в условиях нарушения функционирования ферментов окислительного метаболизма

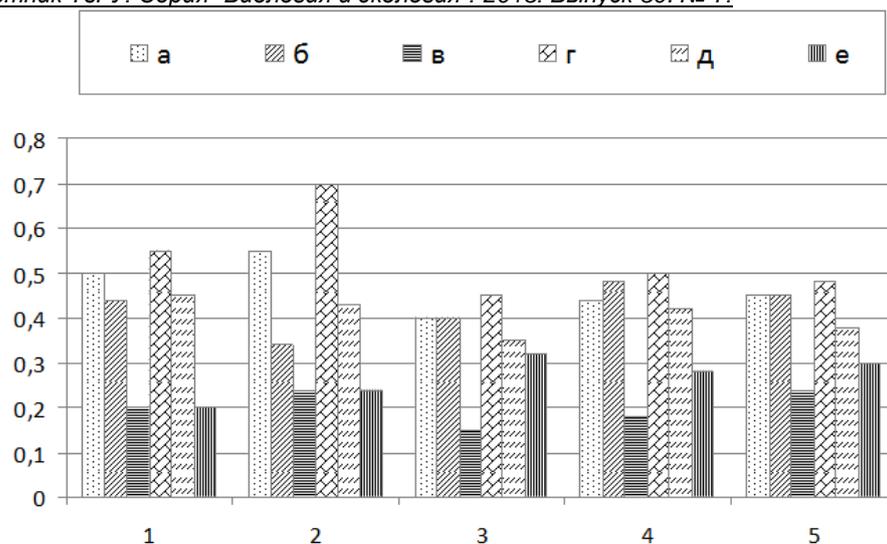
[26]. Кроме того, они способны окисляться растительными пероксидазами с достаточно высокой скоростью. Окисление флавоноидов является неотъемлемым этапом нормального роста и развития растения, в результате происходит образование полимерных соединений и в ходе окислительной трансформации флавоноидов расходуется внутриклеточный кислород и вода.



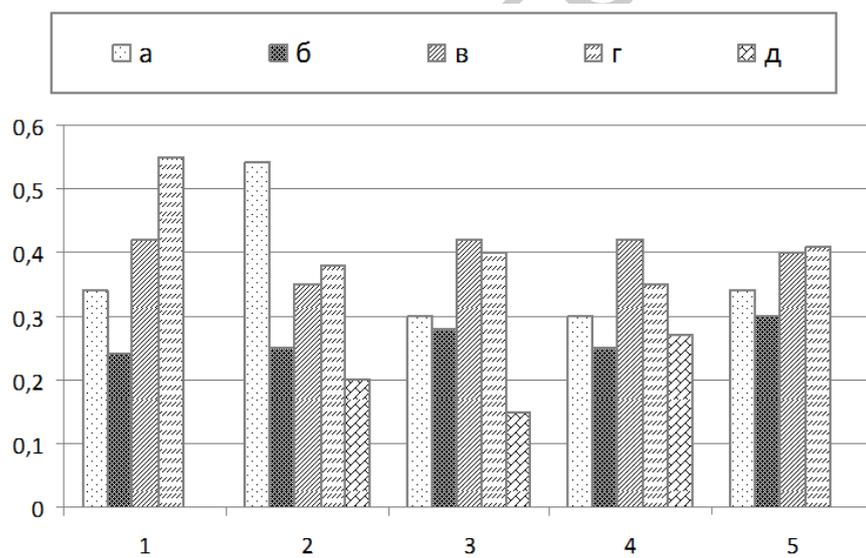
Р и с . 1 . Суммарное содержание флавоноидов в листьях (I) и соцветиях (II) *Caragana arborescens*

В листьях *C. arborescens* у образцов № 4 и 5 зафиксировано возрастание содержания рутина, кверцетина, кверцетин-3-0-гликозида и кемпферола по сравнению с образцом № 3. Максимальный уровень флавонолов и их гликолизированных форм отмечен в образцах № 1 и 2, что, возможно, объясняется условиями произрастания растений.

В составе флавоноидного комплекса соцветий *C. arborescens* идентифицированы только гликолизированные формы – кверцетин-3-0-гликозид, лютеолин-3-0-гликозид, диосметин-3-0-гликозид, апигенин-3-0-гликозид, акацетин-3-0-гликозид (рис. 3). При этом в соцветиях содержание кверцетин-3-0-гликозида в 1,3–1,7 раза ниже, а лютеолин-3-0-гликозида – на уровне его содержания в листьях, а остальные соединения присутствуют только в цветках *C. arborescens*. Гликозиды флавоноидов гораздо более инертные вещества, они в меньшей степени подвержены окислению пероксидазным ферментом. Так, скорость окисления кверцетин-3-0-гликозида в 100 раз меньше по сравнению со скоростью окисления агликона [26]. Защитные функции данных соединений несколько ниже по сравнению с флавонолами.



Р и с . 2 . Содержание отдельных флавоноидов в листьях *Caragana arborescens*: а – рутин; б – кемпферол; в – кверцетин; г – кверцетин-3-0-гликозид; д – кемпферол-3-0-гликозид; е – лютеолин-3-0-гликозид



Р и с . 3 . Содержание отдельных флавоноидов в соцветиях *Caragana arborescens*: а – кверцетин-3-0-гликозид; б – лютеолин-3-0-гликозид; в – диосметин-3-0-гликозид; г – апигенин-3-0-гликозид; д – акацетин-3-0-гликозид

Растениям свойственна дискретность микроэлементного состава. С учетом того, что микроэлементы являются катализаторами, определяющими интенсивность протекания практически всех видов обмена веществ, выделение элементов, сконцентрированных в растении в сверхвысоких дозах, является важным этапом определения

фармакологической ценности растительного сырья. Сложность решения этой проблемы связана с тем, что микроэлементный профиль растения формируется как под влиянием генетически сложившегося видоспецифического аккумулятивно-химического аппарата растения, так и биогеохимических условий произрастания.

В проанализированных образцах зольность листьев в 1,23–1,45 раза выше, чем соцветий. При этом размах варьирования данного показателя в листьях существенно ниже, чем в соцветиях – от 9,03 до 9,52% и 6,24–7,75%, соответственно.

В листьях наиболее значительно варьировало содержание Ni (в 10,7 раз) и Zn (в 2,3 раза) (табл. 2). Концентрация Fe изменялась не столь значительно – в 1,92 раза, Cu – 1,65, Ca – 1,32 и Mg – 1,31. В целом для соцветий *C. arborescens* характерны более низкие уровни и менее значительный размах варьирования всех проанализированных элементов по сравнению с листьями.

Таблица 2

Содержание минеральных элементов (мг/кг)
в листьях и соцветиях *Caragana arborescens*

Образец	Орган	Зольность, %	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
3	листья	9,03± 0,1	92,61± 3,4	31,00± 2,1	126,41± 10,3	316,95± 7,2	10,29± 0,8	1,91± 1,1	4,82± 0,5	0,38± 0,07
	соцветия	6,24± 1,1	50,33± 2,9	31,57± 3,1	91,39± 9,1	76,17± 5,3	10,66± 1,2	4,26± 1,6	2,29± 0,4	0,11± 0,09
4	листья	8,90± 0,9	78,94± 3,4	39,08± 2,3	115,10± 10,1	197,00± 9,7	11,49± 1,1	14,37± 1,2	4,74± 0,1	0,50± 0,03
	соцветия	7,75± 2,0	33,26± 2,0	30,10± 2,1	81,46± 7,2	117,22± 9,1	10,18± 0,9	13,62± 0,9	3,45± 0,3	0,10± 0,07
5	листья	9,52± 0,1	72,02± 3,4	41,27± 1,9	105,59± 10,2	135,55± 9,2	7,01± 1,2	20,32± 1,5	4,17± 0,5	0,18± 0,02
	соцветия	6,30± 1,1	25,49± 2,8	31,06± 2,2	83,25± 9,5	170,47± 8,3	4,98± 1,0	19,35± 0,8	4,21± 0,2	0,08± 0,05

Среднее содержание таких микроэлементов, как Fe и Cu, в проанализированных образцах листьев и соцветий *C. arborescens* не превышает референтные уровни, полученные в результате массового скрининга дикорастущих лекарственных растений Нечерноземной зоны России: Fe – 319,2 мг/кг; Mn – 101,5; Zn – 36,8; Cu – 12,2; Sr – 35,5; Ni – 1,06 [27]. В то же время листья и соцветия *C. arborescens* являются концентраторами таких элементов, как Zn (его среднее содержание в листьях – 216,5, а в соцветиях – 120,9 мг/кг) и Ni (12,2 и 12,4 мг/кг, соответственно). Содержание таких техногенных элементов, как Pb и Cd, на уровнях, характерных для практически незагрязненных сообществ и составляют 4,17–4,82 мг/кг (Pb) и 0,18–0,38 мг/кг (Cd).

Полученные нами данные в целом согласуются с результатами проведенного ранее анализа А.Р. Хасаншиной [24], в котором концентрации большинства элементов в побегах и соцветиях караганы древовидной, собранных в Московской и Курской обл., находятся на уровне Кларка [2].

Общее содержание кремния в листьях *C. arborescens* (0,84–1,15%) выше, чем в соцветиях (0,12–0,15%). Кремний в растительных тканях находится в различных формах. Так, у кремнефильных видов сухих степей надземная часть наиболее насыщена полимерным кремнием: *Artemisia austriaca* Jacq. – 1,6%, *A. pauciflora* Web. ex Stechm. – 2,9% [13], представленным в виде нерастворимых минеральных полимеров (поликремниевые кислоты, аморфный кремнезем) и кристаллических примесей. В листьях *Robinia pseudoacacia* (до 0,62%) [11], *Bidens frondosa* (до 1,14%) [7], *Conyza canadensis* (до 0,94%) [3] преобладает органический кремний, сконцентрированный в виде ортокремниевых эфиров оксиаминокислот, оксикарбоновых кислот, полифенолов, углеводов, стероидов, а также Si-N-производных аминокислот, аминсахаров и пептидов. Минеральный растворимый кремний входит в состав водорастворимых соединений типа ортокремневой кислоты, ортокремневых эфиров, и максимально накапливается в стеблях: *Robinia pseudoacacia* (до 0,22%) [11], *Conyza canadensis* (до 0,27% на абс. сухую массу) [3].

Как и у ранее исследованных инвазионных видов [4], у *C. arborescens* преобладает органический кремний: в листьях – до 0,71%, в цветках – до 0,53%. Содержание минерального кремния в листьях и соцветиях примерно на одном уровне (0,84 и 0,78%, соответственно) и в 2–3 раза ниже по сравнению с полимерными формами элемента [10].

Проведенный корреляционный анализ показал наличие связи между суммой флавоноидов и содержанием Fe ($r_{0,95}=0,85$) и Mg ($r_{0,95}=0,81$). Более тесная корреляционная связь обнаружена между содержанием суммы флавоноидов в листьях и содержанием в них Fe ($r_{0,95}=0,83$), Zn ($r_{0,95}=-0,94$), Ni ($r_{0,95}=0,95$), Ca ($r_{0,95}=-0,94$) и Mg ($r_{0,95}=0,98$).

Заключение. Полученные данные расширяют представление о биохимическом составе листьев и соцветий *C. arborescens*, собранных в популяциях вторичного ареала. Растения содержат от 0,47 до 2,40% суммы флавоноидов. В составе флавоноидного комплекса листьев *C. arborescens* идентифицированы флавонолы рутин, кемпферол и кверцетин и их гликозидированные формы – кверцетин-3-0-гликозид, кемпферол-3-0-гликозид и лютеолин-3-0-гликозид. В то время как в соцветиях присутствовали только гликозидированные формы – кверцетин-3-0-гликозид, лютеолин-3-0-гликозид, диосметин-3-0-гликозид, апигенин-3-0-гликозид, акацетин-3-0-гликозид. В процессе

натурализация *S. arborescens* отмечена тенденция к увеличению суммы флавонолов, а также их гликозированных форм в листьях растения.

Концентрация Ca, Mg, Fe, и Cu в листьях и соцветиях караганы древовидной не превышает референтных значений, характерных для выборки растений Нечерноземной зоны РФ, в то же время листья и соцветия являются накопителями Zn и Ni. Нами обнаружена корреляционная связь между суммой флавоноидов и концентрацией Fe ($r_{0,95}=0,85$) и Mg ($r_{0,95}=0,81$). Фитохимическое исследование подтверждает целесообразность дальнейшего изучения этого объекта в качестве продуцента важных биологически активных соединений.

Выражаем особую благодарность д.б.н. Ю.К. Виноградовой за руководство работой по изучению инвазионных видов и участие в сборе растительного материала. Благодарим В.М. Двораковскую за предоставленную возможность сбора образцов растений с экспозиции отдела флоры ГБС РАН.

Список литературы

1. Буланый Ю.И. Адвентивный элемент флоры Саратовской области // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: Материалы IV междунар. науч. конф. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2012. С. 33–36.
2. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
3. Виноградова Ю.К., Колесников М.П. Содержание фенольных соединений и кремния в растениях мелколепестника канадского (*Coryza canadensis* (L.) Cronquist) // Бюл. Гл. ботан. сада. 2007. Вып. 193. С. 117–127.
4. Виноградова Ю.К., Куклина А.Г. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М. ГЕОС, 2012. 186 с.
5. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Нотов А.А. Черная книга флоры Тверской области: чужеродные виды в экосистемах Тверского региона. М: КМК, 2011. 292 с.
6. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
7. Виноградова Ю.К., Рыхликова А.А., Колесников М.П. Сравнительный анализ некоторых видов рода *Videns* L. по содержанию фенольных соединений и кремния // Новые и нетрадиционные растения и

- перспективы их использования: материалы VII Междунар. симпоз. М.: РУДН, 2007. Т. 2. С. 72–74.
8. Гельтман Д.В. Понятие «инвазивный» вид и необходимость изучения этого явления // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: материалы науч. конф. М.: Изд-во Ботан. сада МГУ; Тула: Гриф иК°, 2003. С. 35–36.
 9. Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. Адвентивные и интродуцированные растения участка «Пойма Псла» Центрально-Черноземного заповедника // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: материалы науч. конф. М.: Изд-во Ботан. сада МГУ; Тула: Гриф иК°, 2003. С. 49–50.
 10. Куклина А.Г., Виноградова Ю.К., Колесников М.П. Кремнивые и фенольные соединения *Caragana arborescens* Lam. и *C. manshurica* Com. // Бюл. Гл. ботан. сада. 2012. Вып. 198, №4. С. 49–52.
 11. Куклина А.Г., Ткачева Е.В., Колесников М.П. Фитохимический анализ видов рода *Robinia* по содержанию фенольных соединений и кремния // Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. 2011. №3 (98). Вып. 14/1. С. 325–330.
 12. Куклина А.Г., Шелепова О.В. Фитохимический анализ листьев и плодов *Amorpha fruticosa* L. во вторичном ареале // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 2012. № 9 (128). Вып. 19. С. 147–151.
 13. Колесников М.П. Формы кремния в растениях // Успехи биологической химии. 2001. Т. 41. С. 301–332.
 14. Колесников М.П., Гинс В.К. Фенольные соединения в лекарственных растениях // Прикладная биохимия и микробиология. 2001 Т. 37, № 4. С. 457–465.
 15. Нотов А.А. Адвентивный компонент флоры Тверской области: Динамика состава и структуры. Тверь: Изд. ТвГУ, 2009. 473 с.
 16. Нотов А.А. Национальный парк «Завидово»: Сосудистые растения, мохообразные, лишайники. М.: Деловой мир, 2010. 432 с. (Национальный парк «Завидово»; Вып. VIII: Юбилейные научные чтения).
 17. Нотов А.А., Павлов А.В., Нотов В.А. Адвентивная флора национального парка «Завидово» // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2009. Вып. 12, № 6. С. 153–172.
 18. Ржевуская Н.А. Материалы к «Черной книге» флоры Липецкой области // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: материалы IV междунар. науч. конф. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2012. С. 172–173.
 19. Серегин А.П. Флора Владимирской области. Тула: Гриф и К, 2012. 620 с.

20. *Силаева Т.Б., Агеева А.М.* Материалы для Черной книги флоры Республики Мордовия // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: материалы IV междунар. науч. конф. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2012. С. 185–187.
21. *Соколов И.Г.* Анализ дендрофлоры города Пскова как показатель ее синантропизации // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: материалы науч. конф. М.: Изд-во Ботан. сада МГУ; Тула: Гриф иК°, 2003. С. 93–94.
22. *Соколов С.Я., Шипчинский Н.В.* Карагана – *Caragana* Lam. // Деревья и кустарники СССР. М.; Л.: АН СССР, 1958. Т. 4. С. 172–197.
23. *Тойвонен И.М., Пекишева Л.В.* Адвентивная флора города Олонца (Республика Карелия) // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: материалы науч. конф. М.: Изд. Ботанического сада МГУ; Тула: Гриф иК°, 2003. С. 99–100.
24. *Хасанишина А.Р.* Ботанико-фармакогностическое изучение караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.): автореф. дис... канд. фарм. наук. М., 2010. 24 с.
25. *Хорун Л.В., Казакова М.В., Волоснова Л.Ф.* Флористический состав адвентивных видов флоры Рязанской области // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: материалы IV междунар. науч. конф. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2012. С. 212–215.
26. *Червяковский Е.М., Курченко В.П., Костюк В.А.* Роль флавоноидов в биологических реакциях с переносом электронов // Труды Белорусского гос. ун-та. Сер.: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2009. Т 4, ч. 1. С. 9–26.
27. *Шелепова О.В., Пименова М.Е.* Региональные особенности формирования микроэлементного состава лекарственных растений // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов: материалы междунар. конф. М., 2005. С. 549–552.
28. *Rehder A.* Manual of cultivated trees and shrubs. N.-Y: MacMillan Company, 1949. 996 p.

PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF LEAVES AND INFLORESCENS
CARAGANA ARBORESCENS LAM. IN SECONDARY HABITAT

A.G. Kuklina¹, O.V. Shelepova¹, M.P. Kolesnikov²

¹ Tsitsin Main Botanical Garden, Moscow

² Bach Institute of Biochemistry RAS, Moscow

Conducted biochemical analysis of five samples of *Caragana arborescens* Lam. showed that it leaves contain flavonoids rutin (0,40–0,55%), kaempferol (0,34–0,48%), quercetin (0,15–0,24%), quercetin-3-0-glycoside (0,45–0,70%), kaempferol-3-0-glycoside (0,30–0,45%) and luteolin-3-0-glucoside (0,20–0,32%). In the inflorescences present quercetin-3-0-glucoside (0,30–0,54%), luteolin-3-0-glucoside (0,24–0,30%) diosmetin-3-0-glucoside (0,35–0,42%), apigenin-3-0-glycoside (0,35–0,55%) and akatsetin-3-0-glycoside (0,15–0,27%). Leaves and inflorescences *C. arborescens* appears to be drives of Zn and Ni, and the concentration of Ca, Mg, Fe, Cu do not exceed the reference values specific to plants Nonchernozem zone of Russia. Correlation was found between the amount of flavonoids and concentration of Fe ($r_{0.95}=0,85$) и Mg ($r_{0.95}=0,81$).

Keywords: *Caragana arborescens*, naturalization, flavonoids, minerals.

Об авторах:

КУКЛИНА Алла Георгиевна—кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела флоры, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4, e-mail: alla_gbsad@mail.ru

ШЕЛЕПОВА Ольга Владимировна—кандидат биологических наук, заведующая лабораторией экологической физиологии и биохимии растений, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая, д. 4, e-mail: shelepova-olga@mail.ru

КОЛЕСНИКОВ Михаил Петрович—кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории эволюционной биохимии ФГБУН Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, 119991, Москва, Ленинский проспект, д. 33, e-mail: mpk200549@mail.ru