

УДК 582.681:582. 776.2

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ *IMPATIENS* (BALSAMINACEAE) ПО СОДЕРЖАНИЮ ФЛАВОНОИДОВ И АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ*

© А.Г. Куклина^{1**}, Н.С. Цыбулько²

¹ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, ул. Ботаническая, 4, Москва, 127276 (Россия), e-mail: alla_gbsad@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, ул. Грина, 7, Москва, 117216 (Россия)

Данное исследование проводилось в Московском регионе. Оно необходимо для понимания, насколько отдельные органы растений инвазионных видов *Impatiens* L. (Balsaminaceae) могут быть перспективны для дальнейшего изучения с целью использования в качестве источников лекарственных средств. Растительный материал собирали в период цветения и начала плодоношения (сентябрь, 2019–2020): *Impatiens glandulifera* Royle (Himalayan Balsam) изучали в трех популяциях; *I. parviflora* DC. (Small Balsam) – в трех популяциях, *I. parviflora* (lilac forma) – в одной популяции. Для сравнения аборигенный вид *I. noli-tangere* L. (Touch-me-not Balsam), который в Московском регионе встречается редко, изучили в одной популяции. Цель данной работы – определение содержания суммы флавоноидов и аскорбиновой кислоты в вегетативных и генеративных органах у двух инвазионных видов *I. glandulifera*, *I. parviflora* (включая ее сиреневоцветковую форму) и аборигенной *I. noli-tangere*. Биохимический анализ 60 образцов у видов *I. glandulifera* и *I. parviflora* позволил определить уровень содержания суммы флавоноидов и аскорбиновой кислоты в различных органах у чужеродных растений, широко распространенных в России, и провести их сравнение. Впервые обнаружено, что у *I. parviflora* и *I. glandulifera* максимальная сумма флавоноидов (до 3% в пересчете на абсолютно сухое сырье) сосредоточена в цветках, в меньшем количестве она концентрируется в листьях, плодах и стеблях. Анализ аскорбиновой кислоты показал, что максимальное содержание витамина С также отмечено в цветках: у *I. glandulifera* – до 17 мг%; у *I. parviflora* – до 15 мг% (в пересчете на абсолютно сухое сырье). Аборигенный вид *I. noli-tangere* по содержанию изученных биологически активных веществ в вегетативных органах не отличается от инвазионных видов *Impatiens*. По накоплению вторичных метаболитов в органах растения достоверных различий между типичной желтоцветковой и сиреневоцветковой формой *I. parviflora* не выявлено, что служит дополнительным подтверждением их таксономической близости.

Ключевые слова: органы растения, сумма флавоноидов, аскорбиновая кислота, *Impatiens noli-tangere*, *I. parviflora*, *I. glandulifera*.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ГБС РАН «Инвазионные растения России: инвентаризация, биоморфологические особенности и эффективные методы контроля расселения», проект №122042600141-3.

Введение

Род *Impatiens* L. (Balsaminaceae) включает более 400 видов, ареал которых находится в тропических и субтропических регионах, в основном в тропической Африке. В Европейской части России произрастает недотрога обыкновенная *I. noli-tangere* L., очень часто встречаются инвазионные виды *I. glandulifera* Royle, *I. parviflora* DC. и натурализуется *I. nevskii* Pobed.

Куклина Алла Георгиевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории природной флоры, e-mail: alla_gbsad@mail.ru
Цыбулько Наталья Степановна – кандидат фармацевтических наук, ведущий научный сотрудник отдела агробиотехнологии, e-mail: ostafevo11@yandex.ru

Изучение фиторазнообразия в природных ценозах, включающих аборигенные и чужеродные элементы, имеет важное значение. Поиск возможностей для использования инвазионных видов в со-

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprtm.2022029682s

** Автор, с которым следует вести переписку.

циально-экономическом аспекте можно рассматривать как одно из направлений, позволяющее частично ограничивать фитоинвазии [1, 2]. Инструментом для решения такой задачи служит всестороннее исследование морфологических признаков и особенностей метаболизма инвазионных видов. В данной статье приводятся результаты фитохимического исследования генеративных и вегетативных органов у наиболее распространенных в Московском регионе видов *I. noli-tangere*, *I. glandulifera*, *I. parviflora* и *I. nevskii*.

Недотрога обыкновенная *I. noli-tangere* (Touch-me-not Balsam) растет во всех областях средней полосы России по сырым лесам, ольшаникам, оврагам и торфяникам [3]. Цветение вида длится с июня до сентября. Цветок *I. noli-tangere* длиной до 30 мм с желтым венчиком (рис. 1).

Одним из самых распространенных инвазионных видов в Европе является центральноазиатская недотрога мелкоцветковая – *I. parviflora* (Small Balsam), одичавшая в начале XIX века [4]. К концу XX столетия она стала обычным сорным видом в садах и дворах, сосняках и ельниках Московского региона [5]. Обладая высокой пластичностью по отношению к комплексу абиотических факторов, *I. parviflora* вызывает нарушение в составе лесной растительности и даже приводит к выпадению аборигенной *I. noli-tangere* из естественных биотопов [6–8]. *I. parviflora* зацветает на полмесяца раньше, чем *I. noli-tangere*, и продолжает цветение почти до заморозков. В малоцветковых соцветиях *I. parviflora* собраны светло-желтые цветки длиной до 15 мм (рис. 2А).

Естественный ареал *I. parviflora* охватывает Европейскую часть России, Сибирь и заходит в Среднюю Азию, где перекрывается с недотрогой Невского *I. nevskii*, у которой сходная экология, фенология, морфология цветка и семян как в природе, так и при культивировании [3]. В связи с этим в общедоступной базе данных (<http://www.theplantlist.org/>) таксономический статус *I. nevskii* не определен, а самостоятельность подвергается сомнению. Исследования, проведенные в ГБС РАН [3, 9], не выявили достоверных отличий у *I. nevskii* от *I. parviflora*, за исключением окраски чашелистиков и лепестков, поэтому мы этот таксон относим к *I. parviflora*, сиреневоцветковая форма (syn. *I. nevskii*) [3]. В Москве на лесной территории ГБС РАН в натурализовавшейся популяции окраска цветка у этой формы варьирует от бледно-сиреневой [5] до сиренево-белой (рис. 2Б). Другим инвазионным видом в Европе и Северной Америке является недотрога железконосная *I. glandulifera* (syn. *I. roylei* Walp.). В XIX веке *I. glandulifera* (Himalayan Balsam) завезли в Европу из Западных Гималаев и использовали в качестве декоративного растения, которое позднее «сбежало» из культуры. В результате проникновения *I. glandulifera* в естественные ценозы, отмечается снижение видового биоразнообразия и сокращение популяций *I. noli-tangere* [10]. С 1970-х годов *I. glandulifera* часто встречается в Московском регионе, особенно по рудеральным местообитаниям, на кладбищах, а также по ивнякам вдоль рек и лесных ручьев [5]. Крупные цветки длиной до 45 мм бывают лиловыми (рис. 3), розовыми, изредка белыми. В Западной Сибири (Томск) зафиксирована натурализация белоцветковой формы *I. glandulifera* f. *albida* (Hegi) В. Voivin, ранее известной в культуре [11]. В России *I. glandulifera* и *I. parviflora* включены в список ТОП-100, как наиболее опасные инвазионные виды [12, 13]. Согласно нашим данным [3] инвазионные виды *I. glandulifera* и *I. parviflora* превосходят аборигенную *I. noli-tangere* по длительному периоду цветения и более высокой семенной продуктивности, а также по большей адаптивности к холоду и устойчивости к болезням и вредителям.

В фитохимических обзорах, посвященных различным видам *Impatiens*, сообщается, что в надземной части растений (включая листья), *I. noli-tangere*, *I. parviflora* и *I. glandulifera* содержатся флавоноиды (кемпферол, кверцетин, изокверцетин), кумарины (скополетин), органические и фенольные кислоты (ванилиновая, гентизиновая, феруловая, п-оксibenзойная, п-кумаровая, кофейная), но количественные показатели в листьях, цветках и плодах не изучены [14–16]. В последние годы из надземных частей *I. glandulifera* наряду с указанными выше флавоноидами выделены также дигидромирицетин, эриодиктиол, эриодиктиол-7-О-глюкозид, кемпферол-3-О-глюкозид (астрагалин), кемпферол-3-О-6^{II}-малонил-глюкозид, кемпферол-3-О-рамнозил-диклюкозид, кемпферол-3-О-галактозид, кемпферол-3-О-рутинозид и кверцетин-3-О-галактозид (гиперозид), обладающие антиоксидантной активностью [17, 18]. В экспериментальных условиях установлено, что водный экстракт из листьев *I. glandulifera* повышает антибактериальный потенциал в препаратах против таких патогенов человека, как *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и др. [19]. Большой интерес представляет *I. glandulifera*, в связи с наличием в растении стероидов, ингибирующих активность раковых клеток в организме человека [20]. В цветках и стеблях у различных видов *Impatiens* обнаружены антоцианы (для *I. glandulifera* – это цианидин и мальвидин) и лейкоантоцианы [21]. Экстракт из цветков *I. glandulifera* применяется как сырье для получения гомеопатического средства [22]. Европейские биохимики, изучавшие

фенольные соединения *Impatiens*, высказывали мнение о целесообразности дальнейшего исследования *I. parviflora* и *I. glandulifera* в целях использования экстрактов этих растений в качестве антимикробной и антиоксидантной биодобавки, укрепляющей здоровье [23]. Известно, что содержание и состав флавоноидов у растений находится в зависимости от климатических и почвенных условий произрастания популяции [24]. Конкретные сведения о содержании и распределении по органам биологически активных метаболитов (БАВ) у инвазионных видов *Impatiens* из России отсутствуют.

Цель исследования – количественное определение суммы флавоноидов и аскорбиновой кислоты в вегетативных и генеративных органах у однолетних видов *I. noli-tangere*, *I. glandulifera* и *I. parviflora*. В задачу изучения также входило сравнительное исследование обычной желтоцветковой формы *I. parviflora* с морфологически сходной *I. nevskii*, которую мы считаем синонимом, называя сиреневоцветковой формой *I. parviflora*. Данная работа интересна для продолжения познания биологических особенностей чужеродных видов рода *Impatiens* в России [3], актуальна для восполнения конкретных сведений по наличию БАВ в различных частях растений, а также важна для понимания насколько отдельные органы растений у видов *Impatiens* могут быть перспективны в дальнейшем изучении для использования в лечебных целях.



Рис. 1. Цветок *Impatiens noli-tangere* из популяции Ng



А



Б

Рис. 2. Цветки *Impatiens parviflora*, желтоцветковая форма (А) и *I. parviflora*, лиловоцветковая форма (Б)

Рис. 3. Цветок *Impatiens I. glandulifera* из популяции G1



Экспериментальная часть

Растительное сырье. Заготовку образцов растений рода *Impatiens* осуществляли в Московском регионе в период массового цветения, когда нижняя часть соцветий начинает плодоношение (сентябрь, 2019–2020 гг.). Местонахождение и характеристика популяций, в которых проведен сбор растительного сырья, указан в таблице. В исследование включено 4 таксона: *I. noli-tangere*, *I. glandulifera*, *I. parviflora* (желтоцветковая форма) и *I. parviflora* (сиреневоцветковая форма, сун. *I. nevskii*). Гербарные образцы хранятся в фондах ГБС РАН (МНА).

Микроморфологическое исследование проведено с помощью цифрового микроскопа Keyence – VHX1000 E (Япония). Сделан анализ особенностей строения генеративных органов у распространенных в Московской области видов *Impatiens* (табл. в электронном приложении). Цветки обоеполые, собраны в кисти. Чашечка состоит из 3 лепестковидных чашелистиков. Венчик зигоморфный, пятичленный: самый крупный лепесток ориентирован супротивно чашелистику со шпорой; 4 лопастных лепестка сростаются парами. Андроцей представлен 5 тычинками, сросшимися в тычиночную трубку с 5 пыльниками, которые образуют «крышечку», опадающую в конце цветения. Гинецей с коротким столбиком, с 1–5 рыльцами. В процессе цветения особей в соцветиях формируются 5-створчатые коробочки, раскрывающиеся по мере полного созревания. Согласно морфологическим данным по генеративным органам вид *I. nevskii* достоверно не отличается от *I. parviflora*, что дает дополнительное основание для отнесения его к сиреневоцветковой форме *I. parviflora*. Признаки особенностей строения венчика перекрываются у обычной и сиреневоцветковой формы *I. parviflora* в диаграммах (рис. 1 и 2 электронного приложения).

Для биохимического анализа в каждой популяции с 50–70 растений собирали листья, стебли (облиственная часть), цветки и плоды с семенами. У образца *I. noli-tangere* из-за слабого цветения были собраны только листья и стебли. Все растения были здоровы: без повреждений насекомыми, грибами и бактериями. Фитомассу определяли взвешиванием на весах CAS PW-3 (Южная Корея). Надземная облиственная часть у *I. glandulifera* имеет массу 15–32 г, у *I. parviflora* – 14–28 г; средняя масса одного листа у *I. glandulifera* – 0.48 г, у *I. parviflora* 0.23 г. Фитомасса одного цветка у *I. glandulifera* составляет 0.197–0.225 г, у *I. parviflora* – 0.014–0.017 г. Растительное сырье сначала сушили при комнатной температуре 18–20 °С, в защищенном от света месте. Потом его помещали в лабораторный вакуумный сушильный шкаф ШСВЛ-80 (Россия) и сушили при температуре 60 °С до воздушно-сухого веса. Влажность сырья – 8–9%.

Места изучения популяций *Impatiens* в Московском регионе

Вид	Популяция	Число особей в популяции	Число особей на 1 м ²	Местонахождение	Биотоп	Координаты GPS
<i>I. noli-tangere</i>	Ng	~50	~2–3	Москва, р-н Останкино, территория ГБС РАН	Заповедная дубрава	N 55.844398° E 37.598901°
<i>I. glandulifera</i>	Gl	<1000	<20	Москва, р-н Останкино, территория ГБС РАН	Берег реки Лихоборки	N 55.844567° E 37.617483°
<i>I. glandulifera</i>	Gd	<500	<12	Московская обл., г. Долгопрудный, микрорайон Шереметьевский	Вдоль дренажной канавы	N 55.987149° E 37.487412°
<i>I. glandulifera</i>	Gb	<1000	<15	Московская обл., Балашихинский р-н, Салтыковский лесопарк	Берег реки Руднёвки	N 55.728341° E 37.875764°
<i>I. parviflora</i>	Pg	<1000	<55	Москва, р-н Останкино, территория ГБС РАН	Заповедная дубрава	N 55.846018° E 37.593858°
<i>I. parviflora</i>	Pd	<500	<20	Московская обл., г. Долгопрудный, микрорайон Шереметьевский	Обочина проселочной дороги	N 55.989277° E 37.470929°
<i>I. parviflora</i> , желтоцветковая форма	Pb	<1000	<30	Московская обл., Балашихинский р-н, Салтыковский лесопарк	Смешанный лес	N 55.737011° E 37.879724°
<i>I. parviflora</i> , сиреневоцветковая форма	Pl	~100	<40	Москва, р-н Владыкино, территория ГБС РАН	Смешанный лес	N 55.844482° E 37.591738°

Общие экспериментальные условия. Биохимическое исследование 60 образцов *Impatiens* проведено в лаборатории по стандартным методикам [25]. Сумма флавоноидов (% в пересчете на абсолютно сухое сырье) определена спектрофотометрическим методом на регистрирующем спектрофотометре Shimadzu UV-1800 (Япония) по Фармакопейной статье № 2.5.0068.18 Polygoni persicariae herba. Подсчет суммы флавоноидов сделан с применением удельного показателя поглощения комплекса рутина с 5%-ным раствором хлорида алюминия при длине волны 409 нм. При пересчете суммы флавоноидов на рутин использован стандарт CAS 117-39-5. Содержание аскорбиновой кислоты (мг%, в пересчете на абсолютно сухое сырье) определено по Фармакопейной статье № 2.5.0106.18 Fructus rosae. Использован стандартный метод титрования водного экстракта 0.044%-ным раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия.

Статистический анализ. Данные обработаны в программе Microsoft Excel. Допустимая ошибка измерений не превышает нормы ($P \leq 5\%$). По исследуемым параметрам в программе PAST 4.04 проведен многомерный статистический анализ с пространственной визуализацией методом главных компонент, выявлена достоверность морфологических и биохимических показателей в пределах изученных видов.

Обсуждение результатов

В настоящее время аборигенная *I. noli-tangere* в Московском регионе встречается относительно редко: из природных местообитаний – лесных биотопов с избыточным увлажнением ее вытеснила центральноазиатская *I. parviflora*. Во влажных лесах и по берегам водоемов в Московском регионе активно расселяется гималайская *I. glandulifera*. Фитохимическое исследование различных органов растений выявило, что сумма флавоноидов варьирует в образцах *Impatiens* (рис. 4).

Отмечены максимальные значения суммы флавоноидов в цветках инвазионных видов: *I. glandulifera* – до 3.02% и *I. parviflora* – до 2.73%. Диапазон варибельности этого показателя изменяется у *I. glandulifera*: в листьях от 1.17 до 2.28%; стеблях от 0.69 до 1.05%; цветках от 2.70 до 3.02% и плодах от 0.48 до 0.67%. Также варьирует сумма флавоноидов у *I. parviflora*: в листьях – от 0.53 до 1.72%; стеблях – от 0.16 до 0.51%; цветках – от 2.25 до 2.73%; плодах – от 0.47 до 0.58%. Замечено, что содержание флавоноидов в стеблях и плодах у инвазионных видов недотроги в 3–5 раз меньше, чем в цветках. Межпопуляционные отличия зафиксированы, например, у *I. glandulifera* в популяции Gd, где выявлены более высокие показатели суммы флавоноидов не только в цветках (3.02%), но и в листьях (2.28%), вероятно, это связано с местом произрастания популяции. Такая же закономерность прослежена у *I. parviflora* в популяции Pd: по цветкам (3.25%) и листьям (1.72%). Отмечена сумма флавоноидов в листьях (1.46%) и стеблях (0.24%) у аборигенного вида *I. noli-tangere*.

Согласно результатам ординации данных по сумме флавоноидов в листьях и цветках методом главных компонент достоверных отличий у таксонов *Impatiens* (рис. 5) не выявлено.

На рисунке 6 показаны данные содержания аскорбиновой кислоты в генеративных и вегетативных органах у изученных видов *Impatiens*.

Биохимическое исследование у видов *I. glandulifera* и *I. parviflora* позволило отметить диапазон варибельности содержания аскорбиновой кислоты в следующих пределах: в листьях – от 11.6 до 15.8 мг%; стеблях – от 9.3 до 11.1 мг%; цветках – от 13.2 до 17.6 мг% и плодах – от 10.5 до 13.1 мг%. Замечено, что максимальные показатели витамина С наблюдаются в цветках у *I. glandulifera* – 17.6 мг% и *I. parviflora* – 14.9 мг%; меньше в листьях – 15.8 и 12.8 мг% соответственно. В стеблях и плодах у этих видов насыщенность витамином С ниже в 1.5 раза, чем в цветках. Аборигенный вид *I. noli-tangere* по содержанию витамина С (листья – 13.5; стебли – 10.1 мг%) не отличается от инвазионных *I. glandulifera* и *I. parviflora*.

При ординации данных методом главных компонент достоверных отличий по содержанию аскорбиновой кислоты в листьях и цветках между видами *I. glandulifera* и *I. parviflora*, включая желтоцветковую и сиреневоцветковую формы, не выявлено (рис. 7).

В исследовании отмечено, что у видов *Impatiens* изученные биологически активные вещества в цветках превалируют, в меньшей степени ими насыщены листья. При использовании метода главных компонент параметры БАВ у видов *I. glandulifera* (рис. 8) и *I. parviflora* (рис. 9) визуализируются в две геометрические группы, указывая на достоверность этого заключения.

Сравнительный анализ морфологических и биохимических признаков по содержанию изученных биологически активных веществ у натурализующегося таксона *I. parviflora*, сиреневоцветковая форма, не выявил различий с типичными образцами *I. parviflora*, собранными в одинаковые сроки в местообитаниях, сходных по условиям произрастания (рис. 5, 7; рис. 1, 2 электронного приложения).

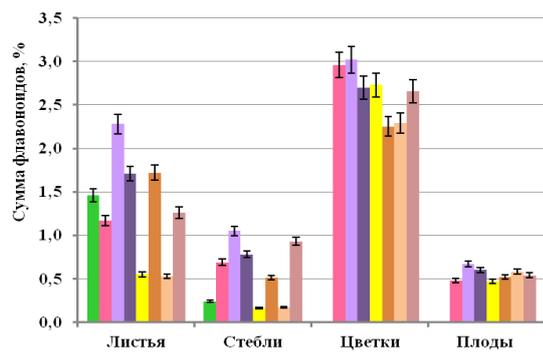


Рис. 4. Сумма флавоноидов в вегетативных и генеративных органах различных видов *Impatiens*, %

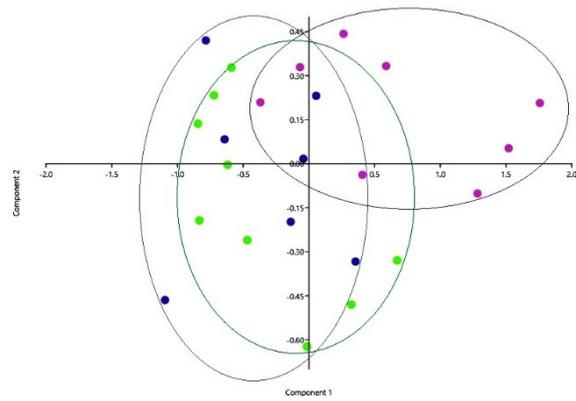


Рис. 5. Сумма флавоноидов в листьях (компонент 1) и цветках (компонент 2) с использованием метода главных компонент: *I. glandulifera* – кружки малиновые; *I. parviflora* – зеленые; *I. parviflora* сиреневоцветковая форма – синие

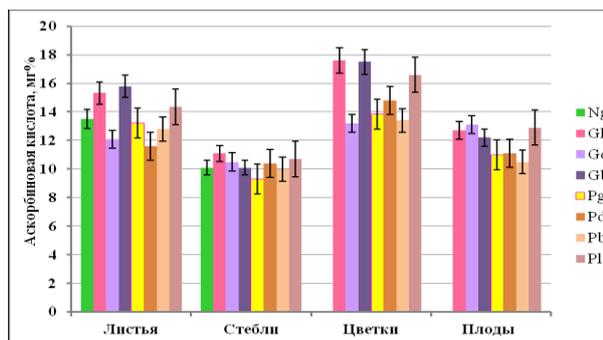


Рис. 6. Содержание аскорбиновой кислоты в вегетативных и генеративных органах *Impatiens*, мг%

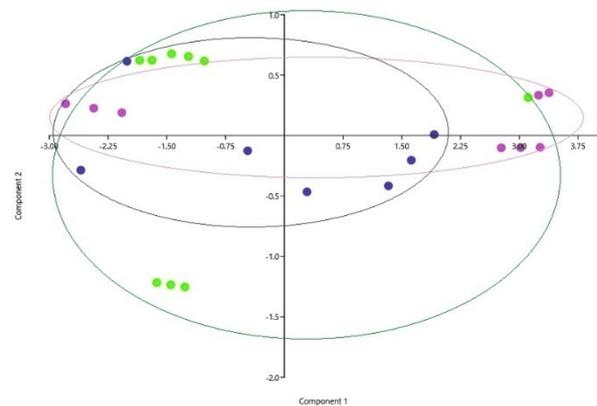


Рис. 7. Аскорбиновая кислота в листьях (компонент 1) и цветках (компонент 2) с использованием метода главных компонент. Обозначения для видов *Impatiens*, как на рисунке 5

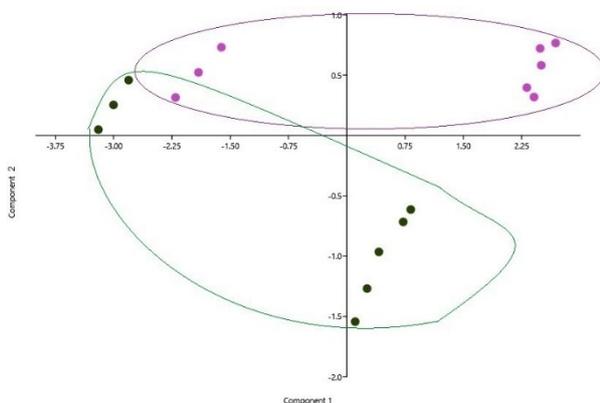


Рис. 8. Параметры суммы флавоноидов (компонент 1) и аскорбиновой кислоты (компонент 2) в листьях (зеленые) и цветках (малиновые кружки) *I. glandulifera*, показанные методом главных компонент

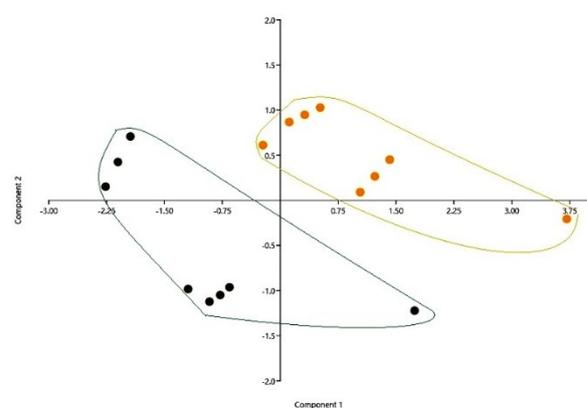


Рис. 9. Параметры суммы флавоноидов (компонент 1) и аскорбиновой кислоты (компонент 2) в листьях (зеленые) и цветках (оранжевые кружки) *I. parviflora*, показанные методом главных компонент

Выводы

1. Биохимический анализ видов *I. glandulifera* и *I. parviflora* позволил впервые определить уровень содержания суммы флавоноидов и аскорбиновой кислоты в вегетативных и генеративных органах у чужеродных растений, широко распространенных в России.

2. Обнаружено, что у *I. parviflora* и *I. glandulifera* флавоноиды максимально (до 3%) сосредоточены в цветках, в меньшем количестве – в листьях, плодах и стеблях. Цветки этих видов *Impatiens* перспективны для дальнейшего исследования в качестве растительного сырья, содержащего флавоноиды.

3. Учитывая, что данные по содержанию аскорбиновой кислоты в листьях, цветках, плодах и стеблях различаются незначительно, следует рекомендовать для витаминного сбора фитосырья всю облиственную надземную часть растений *Impatiens*. Заготавливая растения инвазионных видов в естественных ценозах, мы тем самым ослабляем их негативное влияние на аборигенную флору.

4. Аборигенный вид *I. noli-tangere* по содержанию изученных биологически активных веществ в вегетативных органах не отличается от инвазионных видов *Impatiens*.

5. По накоплению флавоноидов и аскорбиновой кислоты в органах растения достоверных различий между типичной желтоцветковой и сиреневоцветковой формой *I. parviflora* не выявлено, что служит дополнительным подтверждением их таксономической близости.

Авторы благодарны кандидату биологических наук О.В. Шелеповой и кандидату биологических наук М.А. Галкиной за содействие в обработке полученных результатов.

Список литературы

1. Виноградова Ю.К., Куклина А.Г. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М., 2012. 186 с.
2. Виноградова Ю.К., Куклина А.Г., Бриндза Я. Инвазионные виды растений для хозяйственного использования и здоровья. Нитра, 2019. 163 с.
3. Vinogradova Yu., Kuklina A., Tkacheva E., Ryabchenko A., Khomutovskiy M., Shelepova O. Comparative floral and pollen morphology of some invasive and native *Impatiens* Species // Revista de la Universidad del Zulia. 2020. Vol. 11. N30. Pp. 315–355. DOI: 10.46925/rdluz.30.20.
4. GloNAF – Global Naturalized Alien Flora [Электронный ресурс]. URL: <http://www.glonaf.org>.
5. Майоров С.Р., Алексеев Ю.Е., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Щербаков А.В. Чужеродная флора Московского региона: состав, происхождение и пути формирования. М., 2020. 576 с.
6. Godefroid S., Koedam N. Comparative ecology and coexistence of introduced and native congeneric forest herbs: *Impatiens parviflora* and *I. noli-tangere* // Plant Ecol. and Evol. 2010. Vol. 143. N2. Pp. 119–127. DOI: 10.5091/plecevo.2010.397.
7. Jarcuska B., Slezak M., Hrivnak R., Senko D. Invasibility of alien *Impatiens parviflora* in temperate forest understories // Flora. 2016. Vol. 224. Pp. 14–23. DOI: 10.1016/j.flora.2016.06.005.
8. Barabasz-Krasny B., Mozdzen K., Soltys-Lelek A., Stachurska-Swakon A. Biological Traits of *Impatiens parviflora* DC. under Different Habitat Conditions // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2018. Vol. 46. N1. Pp. 277–285. DOI: 10.15835/nbha46110970.
9. Майтулина Ю.К. К биологии и систематике среднеазиатских видов рода Недотрога // Бюллетень Главного ботанического сада. 1988. Вып. 132. С. 59–64.
10. Ruskli R., Hesse K., Glauser G., Rusterholz H.P., Baur B. Inhibitory potential of naphthoquinones leached from leaves and exuded from roots of the invasive plant *Impatiens glandulifera* // Journal Chem. Ecol. 2014. Vol. 40. Pp. 371–378. DOI: 10.1007/s10886-014-0421-5.
11. Эбель А.Л., Михайлова С.И. Эколого-биологические особенности белоцветковой формы инвазионного вида *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2016. №4 (24). С. 30–37. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2016-4(30-37).
12. Морозова О.В., Виноградова Ю.К. *Impatiens glandulifera* – Недотрога железконосная // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М., 2018. С. 171–172.
13. Морозова О.В., Виноградова Ю.К. *Impatiens parviflora* – Недотрога мелкоцветковая // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М., 2018. С. 173–177.
14. Головкин Б.Н., Руденская Р.Н., Трофимова И.А., Шретер А.И. Биологически активные вещества растительного происхождения. М., 2001. Т. 1. 350 с.
15. Демьянова Е.И. Ботаническое ресурсоведение. Пермь, 2007. 172 с.
16. Szewczyk K. Phytochemistry of the genus *Impatiens* (Balsaminaceae): A review // Biochemical Systematic and Ecology. 2018. Vol. 80. Pp. 94–121. DOI: 10.1016/j.bse.2018.07.001.

17. Vieira M.N., Winterhalter P., Jerz G. Flavonoids from the flowers of *Impatiens glandulifera* Royle isolated by high performance countercurrent chromatography // *Phytochem. Anal.* 2016. Vol. 27 (2). Pp. 116–125. DOI: 10.1002/pca.2606.
18. Szweczyk K., Cicek S., Zidorn C., Granica S. Phenolic constituents of the aerial parts of *Impatiens glandulifera* Royle (Balsaminaceae) and their antioxidant activities // *Nat. Prod. Letters.* 2018. Vol. 33 (19). Pp. 2851–2855. DOI: 10.1080/14786419.2018.1499644.
19. Runjun D., Alakesh P., Eramoni S., Bolin Ch. Biosynthesis of Ag nanoparticles using Aqueous *Impatiens glandulifera* leaf extract and study of its catalytic and antibacterial activity // *Journal of Bionanoscience.* 2014. Vol. 8. N1. Pp. 28–33. DOI: 10.1166/jbns.2014.1203.
20. Gimmino A., Mathieu V., Evidente M., Ferderin M., Banuls L.M.Y., Masi M., Garvalho A., Kiss R., Evidente A. Glanduliferins A and B, two new glucosylated steroids from *Impatiens glandulifera*, with in vitro growth inhibitory activity in human cancer cells // *Fitoterapia.* 2016. Vol. 109. Pp. 138–145.
21. Clevenger S. Anthocyanidins of *Impatiens* Species // *Society for the Study of Evolution.* 1971. Vol. 25 (4). Pp. 669–677. DOI: 10.2307/2406947.
22. Патудин А.В., Терёшина Н.С., Мищенко В.С., Ильенко Л.И. Биологически активные вещества гомеопатического лекарственного сырья. М., 2009. 588 с.
23. Szweczyk K., Zidorn C., Biernasiuk A., Komsta L., Granica S. Polyphenols from *Impatiens* (Balsaminaceae) and their antioxidant and antimicrobial activities // *Industrial Crops and Products.* 2016. Vol. 86. Pp. 262–272. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.03.053.
24. Каракулов А.В., Карпов Е.А., Васильев В.Г. Эколого-географическая изменчивость морфометрических показателей и состава флавоноидов *Rhododendron parvifolium* // *Turczaninowia.* 2018. Т. 21, вып. 2. С. 133–144. DOI: 10.14258/turczaninowia.21.2.12.
25. Государственная фармакопея РФ, XIV издание. М., 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://ferm.ru/femb/pharmascorea.php>.

Поступила в редакцию 3 июня 2021 г.

После переработки 29 января 2022 г.

Принята к публикации 31 января 2022 г.

Для цитирования: Куклина А.Г., Цыбулько Н.С. Характеристика некоторых видов *Impatiens* (Balsaminaceae) по содержанию флавоноидов и аскорбиновой кислоты // *Химия растительного сырья.* 2022. №2. С. 211–219. DOI: 10.14258/jcrpm.2022029682.

Kuklina A.G.^{1*}, *Tsybulko N.S.*² CHARACTERISTICS OF SOME *IMPATIENS* (BALSAMINACEAE) SPECIES BY THE CONTENT OF FLAVONOIDS AND ASCORBIC ACID

¹ *Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, ul. Botanicheskaya, 4, Moscow, 127276 (Russia), e-mail: alla_gbsad@mail.ru*

² *All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, ul. Grina, 7, Moscow, 117216 (Russia)*

The present study has been conducted in the Moscow region. It is necessary to understand how individual plant organs of invasive species of *Impatiens* L. (Balsaminaceae) can be promising for further study, with the aim of using them as sources of medicines. Plant material was collected during the flowering time and at the beginning of fruiting (September, 2019–2020): *Impatiens glandulifera* Royle (Himalayan Balsam) has been studied in 3 populations; *I. parviflora* DC. (Small Balsam), – also in 3 populations, but *I. parviflora* (lilac form) – in one population. We took the native species *I. noli-tangere* L. (Touch-me-not Balsam), rarely seen in the Moscow region, for comparison. It has been studied in one population. The aim of this study was to determine the content of the sum of flavonoids and ascorbic acid in the vegetative and generative organs in 2 invasive species: *I. glandulifera*, *I. parviflora* (including its lilac-flowered form), and in the native species *I. noli-tangere*. The biochemical analysis of 60 samples of species *I. glandulifera* и *I. parviflora* allowed us to determine the level of content of the sum of flavonoids and ascorbic acid in various organs of alien plants widespread in Russia, and to compare them. It has been found for the first time that the maximum amount of flavonoids (up to 3%, in terms of absolutely dry raw materials) in *I. parviflora* and *I. glandulifera*

* Corresponding author.

is concentrated in flowers, and in smaller amounts it is concentrated in leaves, fruits and stems. The analysis of ascorbic acid has shown that the maximum content of vitamin C is found in flowers: in *I. glandulifera* - up to 17 mg%; in *I. parviflora* – up to 15 mg% (in terms of absolutely dry raw materials). The native species *I. noli-tangere* has no difference from the invasive species *Impatiens* in the content of the studied biologically active substances in the vegetative organs. The accumulation of secondary metabolites in plant organs has revealed no significant differences between the typical yellow-flowered and lilac-flowered forms of *I. parviflora*, which serves as an additional confirmation of their taxonomic proximity.

Keywords: plant organs, total flavonoids, ascorbic acid, *Impatiens noli-tangere*, *I. parviflora*, *I. glandulifera*.

Referenses

1. Vinogradova Yu.K., Kuklina A.G. *Resursnyy potentsial invazionnykh vidov rasteniy. Vozможности ispol'zovaniya chuzherodnykh vidov.* [Resource potential of invasive plant species. Possibilities of using alien species]. Moscow, 2012, 186 p. (in Russ.).
2. Vinogradova Yu.K., Kuklina A.G., Brindza Ya. *Invazionnyye vidy rasteniy dlya khozyaystvennogo ispol'zovaniya i zdorov'ya.* [Invasive plant species for economic use and health]. Nitra, 2019, 163 p. (in Russ.).
3. Vinogradova Yu., Kuklina A., Tkacheva E., Ryabchenko A., Khomutovskiy M., Shelepova O. *Revista de la Universidad del Zulia*, 2020, vol. 11, no. 30, pp. 315–355. DOI: 10.46925/rdluz.30.20.
4. *GloNAF – Global Naturalized Alien Flora.* URL: <http://www.glonaf.org>
5. Mayorov S.R., Alekseyev Yu.Ye., Bochkin V.D., Nasimovich Yu.A., Shcherbakov A.V. *Chuzherodnaya flora Moskovsko-go regiona: sostav, proiskhozhdeniye i puti formirovaniya.* [Alien flora of the Moscow region: composition, origin and ways of formation]. Moscow, 2020, 576 p. (in Russ.).
6. Godefroid S., Koedam N. *Plant Ecol. and Evol.*, 2010, vol. 143, no. 2, pp. 119–127. DOI:10.5091/plecevo.2010.397.
7. Jarcuska B., Slezak M., Hrivnak R., Senko D. *Flora*, 2016, vol. 224, pp. 14–23. DOI:10.1016/j.flora.2016.06.005.
8. Barabasz-Krasny B., Mozden K., Soltys-Lelek A., Stachurska-Swakon A. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanicae Cluj-Napoca*, 2018, vol. 46, no. 1, pp. 277–285. DOI: 10.15835/nbha46110970.
9. Maytulina Yu.K. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*, 1988, no. 132, pp. 59–64. (in Russ.).
10. Ruskli R., Hesse K., Glauser G., Rusterholz H.P., Baur B. *Journal Chem. Ecol.*, 2014, vol. 40, pp. 371–378. DOI: 10.1007/s10886-014-0421-5.
11. Ebel' A.L., Mikhaylova S.I. *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii*, 2016, no. 4 (24), pp. 30–37. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2016-4(30-37). (in Russ.).
12. Morozova O.V., Vinogradova Yu.K. *Samyye opasnyye inva-zionnyye vidy Rossii (TOP-100).* [The most dangerous invasive species of Russia (TOP-100)]. Moscow, 2018, pp. 171–172. (in Russ.).
13. Morozova O.V., Vinogradova Yu.K. *Samyye opasnyye inva-zionnyye vidy Rossii (TOP-100).* [The most dangerous invasive species of Russia (TOP-100)]. Moscow, 2018, pp. 173–177. (in Russ.).
14. Golovkin B.N., Rudenskaya R.N., Trofimova I.A., Shreter A.I. *Biologicheski aktivnyye veshchestva rastitel'nogo proiskhozhdeniya.* [Biologically active substances of plant origin]. Moscow, 2001, vol. 1, 350 p. (in Russ.).
15. Dem'yanova Ye.I. *Botanicheskoye resursovedeniye.* [Botanical resource science]. Perm', 2007, 172 p. (in Russ.).
16. Szewczyk K. *Biochemical Systematic and Ecology*, 2018, vol. 80, pp. 94–121. DOI: 10.1016/j.bse.2018.07.001.
17. Vieira M.N., Winterhalter P., Jerz G. *Phytochem. Anal.*, 2016, vol. 27 (2), pp. 116–125. DOI: 10.1002/pca.2606.
18. Szewczyk K., Cicek S., Zidorn C., Granica S. *Nat. Prod. Letters*, 2018, vol. 33 (19), pp. 2851–2855. DOI: 10.1080/14786419.2018.1499644.
19. Runjun D., Alakesh P., Eramoni S., Bolin Ch. *Journal of Bionanoscience*, 2014, vol. 8, no. 1, pp. 28–33. DOI: 10.1166/jbns.2014.1203.
20. Gimmino A., Mathieu V., Evidente M., Ferderin M., Banuls L.M.Y., Masi M., Garvalho A., Kiss R., Evidente A. *Fitoterapia*, 2016, vol. 109, pp. 138–145.
21. Clevenger S. *Society for the Study of Evolution*, 1971, vol. 25 (4), pp. 669–677. DOI: 10.2307/2406947.
22. Patudin A.V., Teroshina N.S., Mishchenko V.S., Il'yenko L.I. *Biologicheski aktivnyye veshchestva gomeopaticeskogo lekarstvennogo syr'ya.* [Biologically active substances of homeopathic medicinal raw materials]. Moscow, 2009, 588 p. (in Russ.).
23. Szewczyk K., Zidorn C., Biernasiuk A., Komsta L., Granica S. *Industrial Crops and Products*, 2016, vol. 86, pp. 262–272. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.03.053.
24. Karakulov A.V., Karpov Ye.A., Vasil'yev V.G. *Turczaninowia*, 2018, vol. 21, no. 2, pp. 133–144. DOI: 10.14258/turczaninowia.21.2.12. (in Russ.).
25. *Gosudarstvennaya farmakopeya RF, XIV izdaniye.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV edition]. Moscow, 2018. URL: <http://ferm.ru/femb/pharmacopea.php>. (in Russ.).

Received June 3, 2021

Revised January 29, 2022

Accepted January 31, 2022

For citing: Kuklina A.G., Tsybulko N.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 2, pp. 211–219. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2022029682.

