

ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕКЦИИ *ARCTOBIA* РОДА *OXYTROPIS* (*FABACEAE*)

Н.В. ВЛАСОВА¹, Е.И. ДЮХИНА², Л.К. ТРУБИНА²

FEATURES OF GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF THE SECT. *ARCTOBIA* GENUS *OXYTROPIS* (*FABACEAE*)

N.V. VLASOVA¹, E.I. DUCHINA², L.K. TRUBINA²

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, 630090 Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, 630090 Novosibirsk, Zolotodolinskaya st., 101

Fax: +7(383) 330-19-86, e-mail: root@botgard.nsk.su

²Сибирская государственная геодезическая академия, Кафедра экологии, 630108 Новосибирск, ул. Плеханова, 10
Siberian State Academy of Geodesy, Novosibirsk, Plakhotnogo st., 10, e-mail: lite@ssga.ru

Секция *Arctobia* рода *Oxytropis*, представленная 18–19 видами и подвидами, сосредоточена в области Берингии. По ряду признаков (слабо выраженное остроконечие лодочки и др.), секция соответствует древней криофильной ветви рода, обособившейся от примитивных факоидных остролодок. Для проведения фитогеографического анализа секции использована технология, реализуемая средствами ГИС MapInfo Professional.

Ключевые слова: секц. *Arctobia* s.l. (*Oxytropis*, *Fabaceae*), фитогеографический анализ, северо-восточная Сибирь.

The section *Arctobia* of the genus *Oxytropis* represented by 18–19 species and subspecies is concentrated in Beringia. By a range of characters (a very short beak of keel and others) the section corresponds to the ancient cryophilic branch of the genus separated from the primitive subgenus *Phacoxytropis*. To perform a phytogeographic analysis of the section, a technology realized by GIS MapInfo Professional was used.

Key words: sect. *Arctobia* s.l. (*Oxytropis*, *Fabaceae*), phytogeographic analysis, north-eastern Siberia.

ВВЕДЕНИЕ

Род *Oxytropis* DC. (*Fabaceae*) включает около 350 видов и подвидов, это, преимущественно, азиатский род, ареал которого охватывает, в основном, Северную и Центральную Азию. Большинство видов — высокоспециализированные ксерофиты, ксеропетрофиты и криофиты. Во флористическом спектре Сибири *Oxytropis* занимает второе место по числу видов. Наибольшее разнообразие остролодок сосредоточено в горах Южной Сибири. Здесь распространены древние представители подрода *Phacoxytropis* Bunge и секции *Orobia* Bunge подрода *Oxytropis* (Положий, 2002). На северо-востоке Азии находится «другой, особый центр видового разнообразия остролодочников» (Положий, 2003: 58). В области Берингии представлена свое-

образная секция *Arctobia* Bunge em. Varneby, включающая невысокие, 10–15 см выс., криофильные, в основном, горные виды травянистых многолетников с немногочисленными крупными цветками в полузонтиковидной кисти и продолговатыми крупными, 2–4 см дл., бобами на ножках 2–4 мм дл. (Varneby, 1963). По ряду признаков (слабо выраженное остроконечие лодочки), данная секция соответствует древней криофильной ветви рода, обособившейся от относительно примитивных факоидных остролодок. Она включает 18–19 видов и подвидов, распространенных, почти полностью, в пределах Мегаберингии (Юрцев, 1976, 1986а). Ботанико-географический анализ данной группы дает возможность представить основные этапы

формирования секции *Arctobia* в связи с историей Берингии (Yurtsev, 1997). Для достижения этой цели была поставлена следующая задача: устано-

вить особенности пространственного распространения секции *Arctobia* рода *Oxytropis* с применением ГИС-технологий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для выявления распространения видов этой группы были использованы как данные гербарных коллекций (NS, NSK, LE, MW), так и опубликованные сведения по отдельным фрагментам ареалов видов (Porsild, 1964, 1975; Hulten, 1968; Эндемичные..., 1974; Юрцев, 1986б; Павлова, 1989; Положий, 1994).

Таксономическое деление секции принято согласно классификации Б.А. Юрцева (1985). При этом взят «расширенный» объём секции, включающий секцию *Caeciabia* Bunge. Секция состоит из 5 подсекций: 1. Типовая подсекция *Arctobia* включает 9 видов, разделяется на 3 ряда: 1) *Nigrescentes* Jurtz. с типовым видом *O. nigrescens* (Pall.) Fisch.; 2) *Bryophilae* Jurtz. с типовым видом *O. bryophila* (Green.) Jurtz., (преимущественно американский берингийский вид, незначительно проникающий на восточную часть п-ова Чукотка); 3) *Arctobia*, тип: *O. arctobia* Bunge с двумя подвидами: subsp. *arctobia* (распространён, в основном, на Канадском Арктическом архипелаге) и subsp. *subarctobia* Jurtz. (север Скалистых гор); 2. Подсекция *Kamtschaticae* Jurtz. с 2 видами; 3. Подсекция *Revolvatae* Jurtz. с 2 видами; 4. Подсекция *Podocarpae* Jurtz. с 3 видами, из которых один вид — *O. susumanica* Jurtz. известен в Магаданской области (истоки Колымы), два других — типовой *O. podocarpa* Gray и *O. huddelsonii* Pors. встречаются на небольших горных массивах американского сектора Берингии; 5. Подсекция *Mertensianae* Jurtz. с 2 видами — типовым *O. mertensiana* Turcz., который является наиболее широко распространённым видом от Полярного Урала до высоторий Юконского плато, и американским *O. scammaniana* Hult. Описанный со Станового нагорья *O. kodarensis* Jurt. et Malyshev (Юрцев, 1970), по признаку развитой ножки боба рассматривается в составе данной секции (Положий, 1994), хотя по совокупности других признаков — ближе к секции *Orobia*. Учитывая, что данный вид является полиплоидом ($2n = 4x = 32$), то, возможно, он возник в результате древней гибридизации представителей секц. *Arctobia* и *Orobia* (Власова и др., 2005).

Для отслеживания пространственной и систематической дифференциации различных таксономических групп предложена технология, реализуемая средствами ГИС MapInfo Professional. Данная технология применялась с учётом име-

ющихся результатов проведения биогеографического анализа разнообразия растений на плато Путорана, выполненного Л.И. Малышевым с соавторами (Nimis, Malyshev et al., 1994, 1995, 1998). Ими использовались подходы и методы нумерической таксономии и кластерного анализа, позволившие выявить виды со сходными хоротипами и определить положение плато Путорана как западного форпоста Берингийского фитогеографического района. Вопросы изучения пространственной организации биоразнообразия с использованием Геоинформационных технологий отражены в ряде публикаций (Трубина и др., 2004; Биоразнообразие..., 2006).

В наших исследованиях для систематизации разнородных материалов на территории северо-востока России средствами ГИС формировалась базовая картографическая основа, содержание которой создавалось на основе векторизации объектов по растровому изображению общегеографической карты масштаба 1 : 70 000 000. Для данных исследований считается достаточным отображать моря, основную гидрографическую сеть и крупные города, а также рельеф. Структурно информация размещалась в разных слоях. Кроме базовых слоев создавались тематические слои для каждого анализируемого вида, что важно для последующего анализа их взаимного расположения. В них фиксировались местонахождения конкретных видов, определяемые по имеющимся сведениям.

Для проведения пространственно-географического анализа исследуемая территория разбивалась на участки одинаковой площади, в связи с этим использовалось приложение ГИС MapInfo Professional, реализующее процесс создания сетки с заданными параметрами (границы и шаг сетки). Сетка, представляется не только графическим образом, но и связанной с ней таблицей, в которой каждая ячейка имеет свои координаты.

Особое внимание уделялось выбору параметров оформления объектов карты, поскольку объём данных по растениям достаточно большой, то делался акцент на выделении особенностей распространения исследуемых видов растений, а базовые слои — менее заметными, чтобы не перегружать карту общей информацией. Для показа распространения отдельных видов растений на локальном

уровне (определенное местонахождение) выбраны точечные символы, при этом оптимально, чтобы каждому виду соответствовал свой размер и форма символа.

Так как ареалы распространения видов растений являются наиболее значимой информацией, то оптимальным способом для их отображения является заливка отображающих их контуров. При этом цвет каждого ареала должен соответствовать цвету точечных символов, показывающих места локализации конкретных видов растений, а степень насыщенности заливки настраивается при совмещении ареалов разных видов. В результате всех перечисленных действий формируется векторная

карта, состоящая из отдельных слоев, содержащих информацию об анализируемом виде.

В целом такое представление информации в виде пространственных (местонахождение вида) и атрибутивных (таблиц с указанием наличия вида в каждой ячейки сетки) данных о различных видах позволяет наглядно отобразить пространственное размещение видов, проанализировать степень взаимного перекрывания ареалов, оценить влияние природных факторов на распространение, выполнить обновление данных. Конечную продукцию в виде карты можно распечатать на бумаге или сохранить в виде файлов, которые можно экспортировать в другие программные продукты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведен геоинформационный анализ секции *Arctobia* s.l. рода *Oxytropis* (*Остролодка*), детальная классификация которой была разработана Б.А. Юрцевым (Юрцев, 1985). Для этой цели систематизированы данные пространственного распространения 17 видов данной секции. С целью проведения фитогеографического анализа для исследуемой территории создана в электронном виде сетка, размер ячейки (квадрата) подбирался экспериментально с тем условием, чтобы в каждый квадрат сетки попадали несколько видов, и составил 110 × 110 км. Общее количество проанализированных элементов сетки составило 8900.

Кроме графического представления сетки, формировалась связанная с ней таблица, в которой

отображались координаты каждой ячейки, кроме того добавлялись поля (колонки) для размещения сведений о каждом из 17 анализируемых видов. Наличие вида показывалось цифрой «1», соответственно отсутствие — «0» (условно принятое обозначение). С помощью функции «сумма» определялось число видов, попавших в каждую ячейку сетки, которое отображалось в соответствующем поле таблицы. Сформированная таким образом таблица содержит систематизированные данные по распространению видов рода *Oxytropis*.

В виде отдельных слоев были созданы карты ареалов всех 17 анализируемых видов рода *Oxytropis*, в том числе на основе точечного метода картирования ареалов. При их совмещении в разных

Фрагмент таблицы о присутствии видов на территории России и Северной Америки

Элементы сетки	Название вида						
	Exerta Ledeb.	Revoluta Ledeb.	Nigrescens Pall.	Pumilio Ledeb.	Czucotica Jurtz.	...	Σ ВИДОВ
C24	0	0	1	0	0	...	1
C25	0	0	0	1	0	...	2
C26	0	0	0	0	1	...	1
C27	1	0	0	0	0	...	3
C28	1	0	0	0	0	...	3
C29	0	0	0	0	0	...	0
C30	0	0	0	0	0	...	1
C31	0	0	0	0	0	...	0
C32	0	0	0	0	0	...	1
C34	0	0	0	0	0	...	2
C35	0	1	0	0	0	...	5
C _n

Примечание: В таблице каждая строка соответствует ячейке сетки, а наличие вида условно показано единицей.

На дендрограмме (рис. 2), построенной методом одиночной связи (метод «ближнего соседа») выявились следующие кластеры:

1. Узколокальные эндемики: *O. kodarensis*, распространенный в высокогорьях Станового нагорья на хр. Кодар на карбонатных и основных породах на высоте 1700–2300 м (Малышев, 1972), и *O. susumanica*, известный из единственного местонахождения в Магаданской области в истоках р. Колымы; оба вида — обитатели щебнистых тундр.

2. Группа видов Аляскинской провинции Арктической флористической области (Юрцев и др., 1978) образует несколько подгрупп («цепочку видов»), характерных для данного метода. В неё вошли виды из типовой подсекции *Arctobia*: *O. bryophila* (Green.) Jurtz. — субэндемик северо-запада Северной Америки, распространенный в высокогорьях Аляски и Юкона, достигающий крайнего востока Чукотского п-ова; *O. glaberrima* Hult., *O. kokrinensis* Pors., последний вид является субэндемиком Берингийско-Аляскинской провинции. В эту же подгруппу входит *O. scammaniana* Hult., приуроченный к континентальным горным районам бассейна Юкона, обитатель сырых пятнистых

тундр, являющийся связующим звеном подсекций *Mertensianae* и *Arctobia*. Типовой вид *O. arctobia* Bunge s.l. встречается в альпийском поясе преимущественно на карбонатных породах, распространен от Канадского Арктического архипелага до Скалистых гор и материковых арктических районов Центральной Канады, образует в данной группе самостоятельный дендрит, что соответствует его положению субэндемика Канадско-Гренландской провинции. *O. podocarpa* Jurtz., *O. huddelsonii* Pers. — представители подсекции *Podocarpa* Jurtz., обитатели скалистых гребней и склонов альпийского пояса, последний вид несколько отличается по своей экологии — занимает морозобойные трещины, солифлюкционные грунты в привершинной части гор. Оба вида из приведенной подсекции близки к тому же экологическому ряду, что и виды подсекции *Arctobia*, возможно они могли обособиться в результате изоляции на небольших горных массивах в более южных популяциях (Юрцев, 1986а). Краевое нахождение этих видов в данном кластере соответствует положению *O. podocarpa*, распространенному, большей частью, за пределами Мегаберингии.

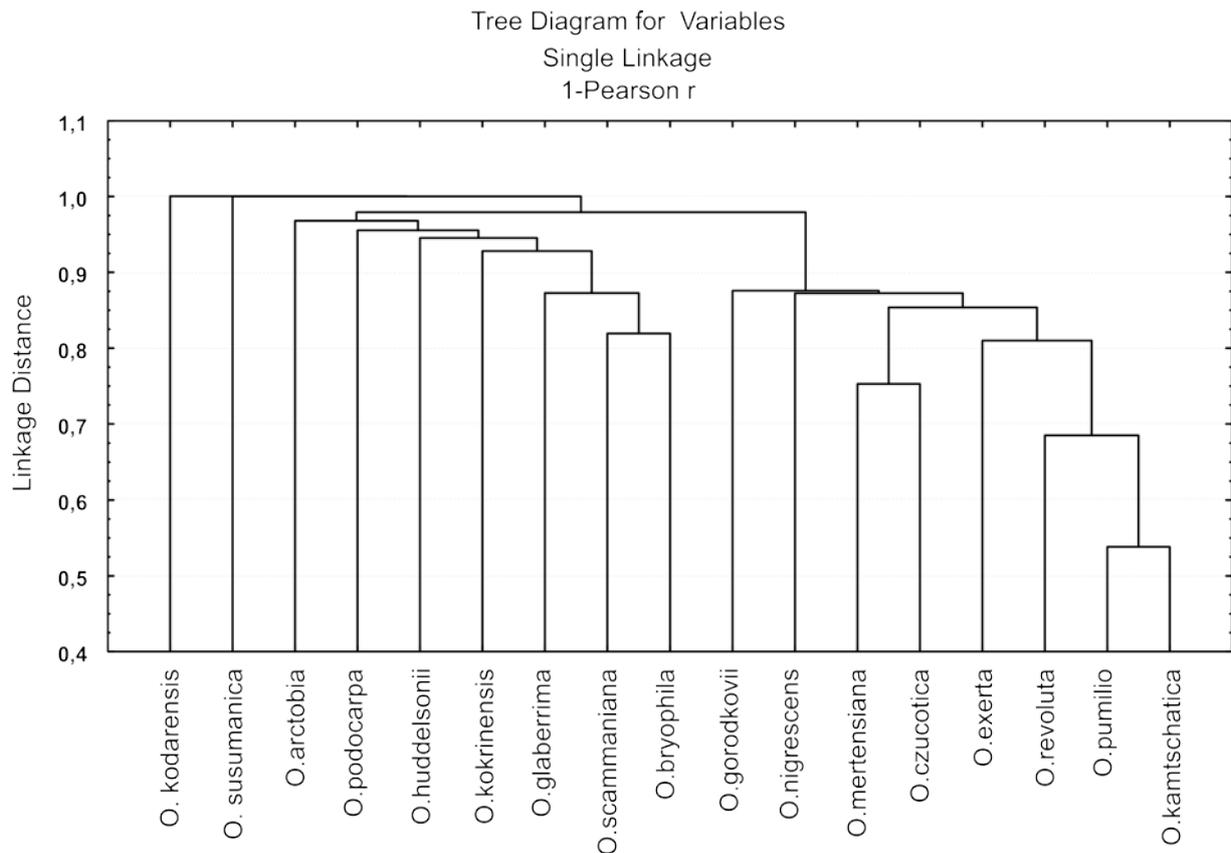


Рис. 2. Дендрограмма распространения видов рода Остролодка.

3. Виды, распространенные преимущественно на Северо-Востоке Азии. Данный кластер объединяет ряд видов Восточно-Сибирской провинции. Так, самостоятельную «ветвь» дает *O. nigrescens* (Pall.) Fisch. s. str., обитатель арктических и высокогорно-субарктических территорий от низовий Енисея до левобережья Колымы, на юге распространяется до высокогорий бассейна р. Алдан и Станового нагорья, является дифференциальным видом для провинции. Этот вид с относительно обширным ареалом занимает континентальные районы Северной Ангариды. Близкую к нему отдельную «ветвь» дает *O. gorodkovii* Jurtz., который, однако, занимая Чукотский п-ов, имеет несколько местонахождений на Аляске, занимает собственно Берингийский сектор. Следующую группу образуют *O. czukotica* Jurtz. и *O. mertensiana* Turcz., распространенные преимущественно в азиатской части, но встречающиеся и на Аляске, при этом *O. mertensiana* является кодифференциальным видом для Чукотской провинции. Они относятся к разным подсекциям: *Arctobia* и *Mertensianae* Jurtz. соответ-

ственно. Последнюю группу образуют охотско-камчатские виды: *O. exserta* Jurtz., *O. revoluta* Ledeb., *O. kamtschatica* Hult. и *O. pumilio* (Pall.) Ledeb. В данной подгруппе *O. revoluta* — дифференциальный вид для Южно-Чукотской подпровинции; в целом же виды данной подгруппы занимают особый район — Охотию. Отличает этот ряд и своеобразие местообитаний: старые лавовые потоки, шлаковые поля вулканического происхождения, вулканические пески. Таксономический спектр подгруппы разнообразен: *O. kamtschatica* представляет олиготипную подсекцию; *O. exserta* и *O. revoluta* входят в олиготипную подсекцию *Revolutae* Jurtz.; *O. pumilio* относится к самой многочисленной подсекции *Arctobia*. Выявленная современная область перекрытия ареалов подсекций *Revolutae*, *Kamtschaticae* и *Arctobia* (что нашло отражение в единой подгруппе видов Охотии) может указывать на наличие первичного ареала предковой группы (Юрцев, 1997). Применение других методов кластерного анализа также выявило единство охотско-камчатской группы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Привлечение ГИС-технологий в целях проведения фитогеографического анализа секции *Arctobia* позволило применить методы геостатистики. В результате были получены данные, наглядно демонстрирующие особенности распространения видов различных внутрисекционных таксономических групп. Были составлены электронные карты ареалов всех видов с использованием различных методов: точечные, контурные, методом представительства на сеточной основе. Разделение на относительно высоком уровне кластеров ареалов видов северо-запада Северной Америки и северо-востока Азии косвенно свидетельствует о древнем, возможно неогеновом (Юрцев, 1986а; Положий, 2003), проникновении предковой группы в горы Северной Америки. В раннеплейстоценовый оптимум уже мог возникнуть взаимный «обмен» между различ-

ными секторами Берингии, о чём свидетельствует наличие амфиберингийских видов — *O. bryophila* и *O. gorodkovii*. Аляскинско-сибирский *O. mertensiana*, тяготеющий к хорошо увлажненным участкам, в географическом отношении (достигает Полярного Урала) демонстрирует развитие в азиатском секторе Берингии. Несовпадение таксономической структуры секции *Arctobia* с полученной хорологической дендрограммой отражает сложную историю становления данной группы, в которой прослеживается тесная связь экологической приуроченности и географического распространения видов.

Исследование проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 04-04-49851 и № 07-04-00877). Авторы выражают глубокую признательность и благодарность Л.И. Малышеву за методическую помощь и ценные советы при выполнении исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование (Интеграционные проекты СО РАН, вып. 7). Новосибирск, 2006. 648 с.
- Власова Н.В., Дюхина Е.И., Гулина Т.В. Географо-морфологические связи эндемичных видов р. *Oxytropis* sect. *Arctobia* *Fabaceae* и р. *Calamagrostis* Adans. (*Poaceae*) Северного Забайкалья // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных территорий / Сб. материалов регион. научно-практ. конф. Чита, 2005. С. 8–10.
- Малышев Л.И. Особенности и генезис флоры // Высокогорная флора Станового нагорья. Новосибирск, 1972. С. 150–189.
- Павлова Н.С. Сем. Бобовые — *Fabaceae* // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Л., 1989. Т. 4. С. 191–339.
- Положий А.В. *Oxytropis* DC. — Орстолодочник // Флора Сибири. Т. 9: *Fabaceae* (*Leguminosae*). Новосибирск, 1994. С. 74–151.
- Положий А.В. Эндемизм флоры островных приенисейских степей // Флора островных приенисейских степей. Сосудистые растения. Томск, 2002. С. 122–138.

- Положий А.В. К вопросу о происхождении и эволюции рода *Oxytropis* (Fabaceae) // Бот. журн. 2003. Т. 88. № 10. С. 55–59.
- Трубина Л.К., Власова Н.В., Куценогий К.П. Компьютерный анализ изображений для целей изучения биоразнообразия // «Геоинформатика». Междунар. научно-техн. конф., посвящ. 225-летию МИИГАиК. М., 2004. С. 304–306.
- Эндемичные высокогорные растения Северной Азии. Новосибирск, 1974. 335с.
- Юрцев Б.А. Заметки о видах рода *Oxytropis* DC. из Восточной Сибири // Новости сист. высш. раст. 1969. Л., 1970. Т. 6. С. 161–166.
- Юрцев Б.А. Берингия и её биота в позднем кайнозое: синтез // Берингия в кайнозое. Владивосток, 1976. С. 202–212.
- Юрцев Б.А. Конспект системы и новые таксоны секции *Arctobia* рода *Oxytropis* (Fabaceae) // Бот. журн. 1985. Т. 70. № 3. С. 394–397.
- Юрцев Б.А. Дифференциация видов секции *Arctobia* рода *Oxytropis* в Мегаберингии // Растительный покров высокогорий. Л., 1986а. С. 90–100.
- Юрцев Б.А. Род *Oxytropis* DC. — Остролодочник // Арктическая флора СССР. Вып. IX. Ч. 2. Сем. *Leguminosae*. Л., 1986б. С. 61–146.
- Юрцев Б.А., Толмачев А. И., Ребристая О. В. Флористическое ограничение и разделение Арктики // Арктическая флористическая область. Л., 1978. С. 9–104.
- Barneby R.C. Notes of *Oxytropis* // Leaflets of Western Botany. 1963. Vol. 10. № 2. P. 21–24.
- Hultén E. Flora of Alaska and neighboring territories. Stanford, 1968. 1008 p.
- Nimis P.L., Malyshev L.I., Bolognini G. A phytogeographic analysis birch woodlands in the southern part of West Siberia // Vegetatio. 1994. № 113. P. 25–39.
- Nimis P.L., Malyshev L.I., Bolognini G., Friesen N. Phytogeographic diversity of the Putorana flora (North-Siberia) // Ann. Bot. Fennici. 1995. № 32. P. 1–17.
- Nimis P.L., Malyshev L.I., Bolognini G., Friesen N. A multivariate phytogeographic analysis of plant diversity in the Putorana Plateau // Opera Botanica. 1998. № 136. P. 1–73.
- Porsild A.E. Illustrated flora of the Canadian Arctic Archipelago. Ed. 2. Ottawa, 1964. 218 p.
- Porsild A.E. Materials for a Flora of Central Yukon Territory. Ottawa, 1975. 77 p.
- Jurtsev B.A. Analysis of evolutionary differentiation in some key arctic-alpine taxa: *Dryas*, *Oxytropis* sect. *Arctobia* and *Taraxacum* sect. *Arctica* // Opera Botanica. 1997. № 132. P. 27–37.