

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОРНЕЙ СИБИРСКИХ ВИДОВ РОДА КАСАТИК – *IRIS* L., ПОДРОДА *IRIS* (IRIDACEAE)

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 04-04-49810, 04-04-48493.

Изучена анатомическая структура придаточных корней у 7 сибирских видов рода *Iris* (секции *Iris*, *Psammiris* и *Pseudoregelia*). Установлено утолщение оболочек клеток коровой паренхимы и эндодермы. Степень утолщения клеточных стенок во внутренней коре является видоспецифическим признаком и зависит от увлажнения в естественных местах обитания.

Ключевые слова: придаточные корни, видоспецифический признак.

В Сибири род касатик – *Iris* L. (Iridaceae) представлен 22 видами и 2 подвидами, принадлежащими к 5 под родам, 9 секциям и 14 сериям [1]. За последнее время для флоры Сибири был выявлен новый вид – *I. psammocola* Y.T. Zhao [2], отнесенный к секции *Psammiris* подрода *Iris* [3].

Анатомические признаки корней касатиков ранее использовались для анализа филогении рода и для диагностирования некоторых видов [4–6].

Одним из важнейших направлений сравнительно-анатомических исследований корня является изучение серии видов какого-либо рода, различных по экологии, позволяющее проследить изменение структуры параллельно со становлением жизненных форм [7]. Условия обитания представителей рода *Iris* в Сибири разнообразны, включают широкий спектр сообществ, от альпийских лугов и лесных опушек до каменистых степей и барханных песков. Между тем анатомические особенности корней сибирских касатиков до сих пор не изучены. Этот пробел мы постарались восполнить, проведя сравнительное исследование корней всех видов, встречающихся в естественных условиях на территории Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучено анатомическое строение придаточных корней первого порядка у сибирских видов подрода *Iris* из секций *Iris* (*I. glaucescens* Bunge), *Psammiris* (Spach) Taylor (*I. humilis* Georgi, *I. bloudowii* Ledeb., *I. potaninii* Maxim., *I. psammocola*) и *Pseudoregelia* Dykes (*I. tigridia* Bunge, *I. ivanovae* Doronkin).

Материал собран в следующих естественных местах произрастания:

I. glaucescens – Алтайский край, Локтевский р-н, окр. с. Гилево. Закустаренная петрофитная степь, южная экспозиция. 10. VI. 2004 г. А. Королук.

I. humilis – Республика Тыва, Тандинский р-н, окр. оз. Хадын. Бугристые пески. 31. V. 2005 г. В. Доронькин.

I. bloudowii – Республика Алтай, Улаганский р-н, устье р. Мажей. Суходольный луг с каменистыми выходами. 14. VII. 2005 г. Т. Мальцева.

I. potaninii – Республика Тыва, Эрзинский р-н, Государственный природный биосферный заповедник «Убсунурская котловина», Кластер Цугээр-Элс. Барханные пески. 01. VI. 2005 г. В. Доронькин.

I. psammocola – Республика Тыва, Эрзинский р-н, Государственный природный биосферный заповедник «Убсунурская котловина», Кластер Цугээр-Элс. Барханные пески. 01. VI. 2005 г. В. Доронькин.

I. tigridia – Республика Тыва, Эрзинский р-н, Государственный природный биосферный заповедник «Убсунурская котловина», Кардон Идык-Хончу. Каменистая степь. 28. V. 2005 г. В. Доронькин.

I. ivanovae – Читинская обл., Ононский р-н, Государственный природный биосферный заповедник «Даурский», берег оз. Зун-Торей, гора Чихолан, вершина плакора. Каменистая степь. 20. VI. 2004 г. В. Доронькин.

Для анализа брали однолетние хорошо развитые придаточные корни средневозрастных генеративных растений. После извлечения растений из грунта подземную часть тщательно отмывали в воде. Отбирали хорошо развитые корни средней толщины; их фрагменты фиксировали в 70-градусном этиловом спирте. Временные препараты готовили по стандартной методике [8]. Срезы делали бритвой от руки на расстоянии около 1,5 см от кончика корня. Для обнаружения одревеснения оболочек клеток срезы обрабатывали спиртовым раствором флороглюцина и далее – концентрированной соляной кислотой. Для просветления и временного хранения препаратов срезы помещали в глицерин.

Исследования препаратов проводили с помощью светового микроскопа фирмы Carl Zeiss при увеличениях $\times 140$ и $\times 280$; фотографировали при помощи цифрового фотоаппарата Canon Power Shot G2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для исследованных видов установлен единый план строения корня. Первичная кора дифференцирована на наружную (экзодерму), внутреннюю кору и однослойную эндодерму. Центральный цилиндр представляет собой окруженную перициклом систему проводящих тканей. Ксилема полиархная, образует отдельные тяжи, чередующиеся с тяжами флоэмы. Внутреннюю часть центрального цилиндра занимает паренхима или несколько широкопросветных элементов метаксилемы. В пределах особи строение корня варьирует незначительно. Особенности строения корней отдельных видов описаны ниже.

I. glaucescens. Наружная кора состоит из 4–6 слоев клеток со слабо опробковевшими оболочками. Внутренняя кора многослойная, состоит из паренхимы с тонкостенными, плотно сомкнутыми клетками; межклетники практически не выражены. Эндодерма с хорошо выраженным утолщением радиальных и внутренних тангентальных клеточных оболочек. Перицикл однослойный, тонкостенный, образует отчетливое сплошное кольцо на периферии центрального цилиндра. Ксилема преимущественно 10–11-архная. Клетки межпучковой паренхимы склерифицированы (рис. 1, I).

I. humilis. Экзодерма 4–5-слойная, составляющие ее клетки явственно суберинизированы (рис. 2, 1а). Внутренняя кора многослойная, образована рыхлой паренхимой с утолщенными неопробковевшими оболочками и мелкими межклетниками (рис. 2, 1б). Эндодерма состоит из 1 слоя клеток с сильно утолщенными радиальными и внутренними тангентальными стенками. Перикл

однослойный, образует отчетливо видимое сплошное кольцо. Ксилема преимущественно 8-архная. Соседние тяжи ксилемы сближаются, заканчиваясь 1–2 широкопросветными сосудами, таким образом, в центре проводящего пучка среди склерифицированной паренхимы расположено несколько крупных сосудов метаксилемы (рис. 1, 2).

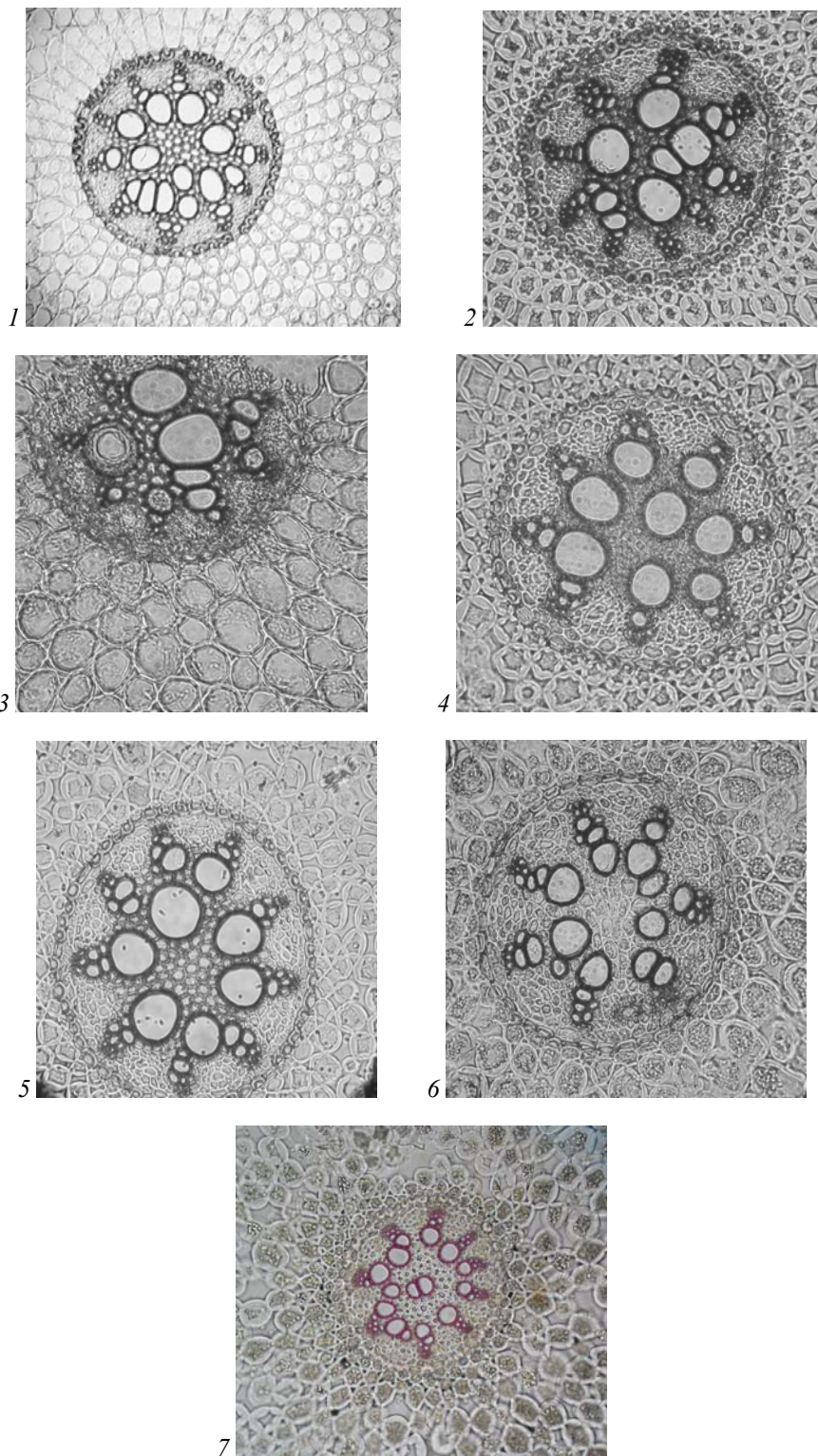


Рис. 1. Центральный цилиндр на поперечном срезе корня сибирских видов касатиков:
1 – *Iris glaucescens*; 2 – *I. humilis*; 3 – *I. bloudowii*; 4 – *I. potaninii*; 5 – *I. psammocola*;
6 – *I. tigridia*; 7 – *I. ivanovae*. Цена масштабного деления – 0,1 мм

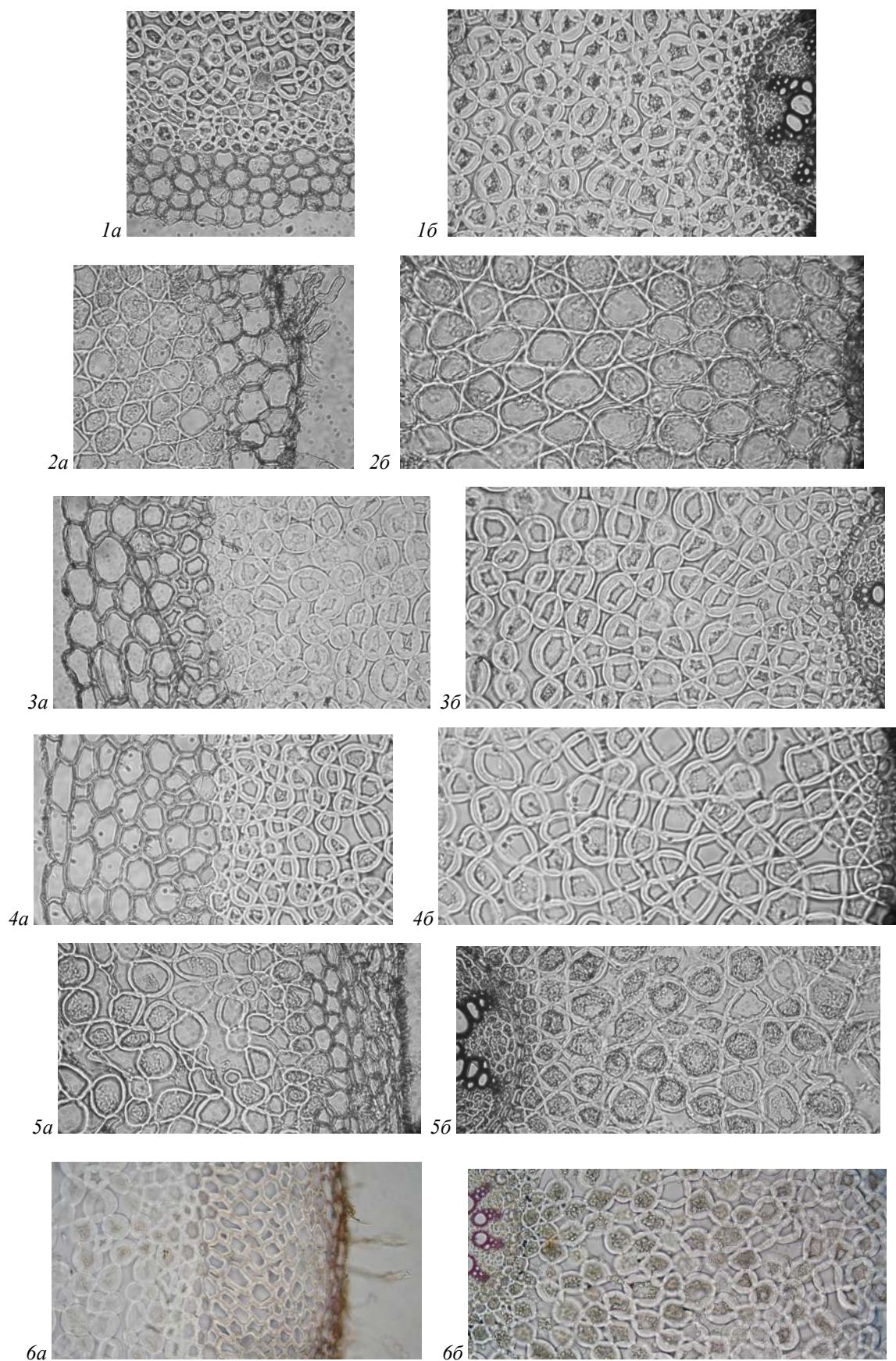


Рис. 2. Фрагмент первичной коры на поперечном срезе корня сибирских видов касатиков: 1 – *Iris humilis*; 2 – *I. bloudowii*; 3 – *I. potaninii*; 4 – *I. psammocola*; 5 – *I. tigridia*; 6 – *I. ivanovae*: а – наружная кора и прилегающий к ней участок внутренней коры, б – внутренняя кора и эндодерма. Цена масштабного деления – 0,1 мм

I. bloudowii. Первичная кора дифференцирована на 3–4-слойную наружную и многослойную внутреннюю

(рис. 2, 2а). Клетки коры тонкостенные, в экзодерме – со слабо суберинизированными оболочками. Внутрен-

няя кора образована паренхимой со слабо утолщенными стенками и с небольшими межклетниками (рис. 2, 2б). Эндодерма однослойная; ее клеточные стенки утолщены значительно слабее, чем у других видов. Перицикл однослойный, четко наблюдаются лишь отдельные его фрагменты. Ксилема преимущественно 8-архная. Соседние тяжи ксилемы сближаются, заканчиваясь широкопросветным сосудом, таким образом, в центре проводящего пучка расположено несколько крупных сосудов метаксилемы и небольшой участок слабо склерифицированной паренхимы (см. рис. 1, 3).

I. potaninii. Наружная кора образована 5–6 слоями клеток с опробковевшими оболочками (см. рис. 2, 3а). Внутренняя кора имеет сходство с таковой у *I. humilis*, однако утолщение клеточных стенок не столь значительно, а межклетники крупнее (рис. 2, 3б). По строению эндодермы и перицикла вид не отличается от *I. humilis*. Ксилема преимущественно 8-архная. Каждый ксилемный тяж заканчивается широкопросветным сосудом метаксилемы, иногда два соседних тяжа сближаются и заканчиваются одним крупным сосудом. Сердцевинная и межпучковая паренхима склерифицирована (рис. 1, 4).

I. psammocola. Экзодерма состоит из 6–8 слоев клеток с опробковевшими и слегка утолщенными стенками (рис. 2, 4а). Внутренняя кора многослойная, образована паренхимой с сильно утолщенными клеточными стенками и очень мелкими межклетниками (рис. 2, 4б). Строение эндодермы и центрального цилиндра подобно таковому у *I. potaninii*, однако тяжи ксилемы в числе 9–10; большинство из них объединяются попарно крупным сосудом метаксилемы (рис. 1, 5).

I. tigridia. Первичная кора дифференцирована на 6-слойную наружную и многослойную внутреннюю (рис. 2, 5а). Клетки наружной коры тонкостенные, со слабо суберинизированными оболочками. Внутренняя кора складывается рыхлой паренхимой со слабо утолщенными стенками клеток и хорошо выраженными межклетниками (рис. 2, 5б). Однослойная эндодерма хорошо выражена, но оболочки клеток утолщены слабее, чем у других исследованных нами видов, за исключением *I. bloudowii*. Перицикл однослойный, образует сплошное кольцо. Ксилема 7-архная. В центре проводящего пучка расположена паренхима с неодревесневшими клеточными стенками (рис. 1, 6).

I. ivanovae. Экзодерма мощная, образована 6–10 слоями клеток с утолщенными, опробковевшими оболочками (рис. 2, 6а). Внутренняя кора многослойная, сложена рыхлой паренхимой (утолщение клеточных оболочек выражено сильнее, чем у *I. potaninii*, и слабее, чем у *I. psammocola* и *I. humilis*). Межклетники хорошо выражены (рис. 2, 6б), более крупные, чем у остальных видов, за исключением *I. tigridia*. Эндодерма однослойная, утолщение внутренних тангентальных стенок выражено отчетливо, однако несколько слабее, чем у *I. humilis* и *I. psammocola*. Перицикл однослойный, образует сплошное кольцо. Ксилема 6–9-архная. В центре расположена паренхима или 1–2 крупных

сосуда метаксилемы, окруженные несклерифицированной паренхимой (рис. 1, 7).

Анатомические особенности исследованных видов позволяют отнести их к 4-й структурной модели корней однодольных, в соответствии с классификацией Л.Г. Таршис [9]. Наружная кора (экзодерма) состоит из 3–7 слоев относительно тонкостенных клеток с оболочками, в той или иной степени опробковевшими. Внутренняя кора многослойная, состоит из округлых в поперечном сечении клеток. У большинства видов эти клетки имеют утолщенные оболочки, не содержащие суберин, с хорошо заметной слоистой структурой и образуют рыхлую паренхиму со схизогенными межклетниками. Лишь у *I. bloudowii* и *I. glaucescens* внутренняя кора складывается паренхимой с тонкостенными клетками. Степень утолщения клеточных стенок во внутренней коре является диагностическим признаком для исследованных видов и у большинства из них отрицательно коррелирует с размером межклетников. Исключение составляет лишь *I. glaucescens*, у которого тонкостенные клетки коры плотно сомкнуты. У всех видов самый внутренний слой коры представлен эндодермой с более или менее выраженными утолщениями радиальных и внутренних тангентальных клеточных стенок. Наибольшее утолщение в эндодерме характерно для видов с сильно утолщенными стенками клеток основной ткани коры.

Наружный слой клеток центрального цилиндра представлен однослойным тонкостенным перициклом, образующим сплошное кольцо у всех исследованных видов, кроме *I. bloudowii*. Ксилема преимущественно 8-архная; у *I. psammocola* и *I. glaucescens* – 9–11-архная, у *I. tigridia* – 7-архная. Клетки межпучковой паренхимы склерифицированы у всех видов, кроме *I. ivanovae* и *I. tigridia*.

По совокупности анатомических признаков корня исследованные виды образуют направленный ряд, согласующийся с градиентом увлажнения в условиях их естественных местообитаний. Для наиболее ксерофильных обитателей песков – *I. psammocola* и *I. humilis* – характерны: наружная кора из 6–7 слоев суберинизированных клеток, внутренняя кора из клеток с сильно утолщенными «слоистыми» стенками и небольшими межклетниками, эндодерма с хорошо развитым утолщением радиальных и внутренних тангентальных оболочек клеток, склерифицированная межпучковая паренхима. *I. bloudowii*, обитающий на альпийских лугах, является наиболее мезофильным из исследованных видов. Для него характерны: 3–4-слойная слабосуберинизированная наружная кора, незначительное утолщение стенок внутренней коры, относительно тонкостенные клетки эндодермы. *I. potaninii*, *I. ivanovae*, *I. glaucescens* и *I. tigridia* занимают промежуточное положение, однако у *I. potaninii* структура корня в целом более ксероморфная, чем у трех других видов.

Сравнение полученных результатов с литературными данными по анатомии корней некоторых европейских касатиков [6, 10] показало, что у исследованных нами сибирских видов утолщение стенок клеток основной ткани коры и эндодермы выражено более значительно.

Благодарим сотрудников ЦСБС СО РАН доктора биологических наук А.Ю. Королюка и кандидата биологических наук Т.В. Мальцеву за помощь при сборе материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доронькин В.М. Обзор сибирских видов рода *Iris* (*Iridaceae*) // Ботанический журнал. 1990. Т. 75, № 3. С. 409–416.
2. Доронькин В.М. Охрана редких видов семейства касатиковых (*Iridaceae* Juss.) Азиатской России // Биоразнообразие и пространственная организация растительного мира Сибири, методы изучения и охраны: Материалы Всерос. конф. Новосибирск, 2005. С. 42–44.
3. Доронькин В.М. Система рода *Iris* L. (*Iridaceae*) Азиатской России // Роль ботанических садов в сохранении биоразнообразия растительного мира Азиатской России: настоящее и будущее: Материалы Всерос. конф., посвящ. 60-летию Центрального сибирского ботанического сада. Новосибирск, 2006. С. 101–103.
4. Шанидзе М.А. Анатомический анализ вегетативных органов грузинских представителей рода *Iris* как материал для познания филогенеза рода: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тбилиси, 1955. 16 с.
5. Родионенко Г.И. Род Ирис – *Iris* L. М.; Л., 1961. 216 с.
6. Schulze W. Beitrage zur Wurzelanatomie der Gattung *Iris* und ihre Bedeutung für die Taxonomie // Wiss. Z. Friedrich-Schiller-Univ., Jena, Naturwiss. 1989. Bd. 38, № 2. S. 315–335.
7. Воронин Н.С., Михайловская И.С. Программа сравнительно-анатомического изучения и описания корней растений // Ботанический журнал. 1980. Т. 65, № 7. С. 1029–1036.
8. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. Основы микротехнических исследований в ботанике: Справ. руководство. М., 2000. 127 с.
9. Таршиц Л.Г. Структурное разнообразие подземных органов высших растений. Екатеринбург, 2003. 195 с.
10. Kutschera L., Lichtenegger E. Wurzelatlas mitteleuropaischer Grunlandpflanzen. Stuttgart; New York, 1982. Bd. 1: Monocotyledoneae. 516 s.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 15 ноября 2008 г.