

# БОТАНИКА

## О МИКРОСТРУКТУРЕ СЕМЯН ВИДОВ РОДА *BAUHINIA L.* (СЕМ. *FABACEAE LINDL.*, ПОДСЕМ. *CAESALPINIOIDEAE KURTH.*)

М.Е. Павлова, В.А. Сурков,  
А.А. Терехин

Кафедра ботаники, физиологии растений и агробиотехнологии  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

Исследована микроструктура (поперечные и продольные срезы) зрелых сухих семян 12 видов рода *Bauhinia L.* Показано, что исследованные виды рода *Bauhinia* по типу микроструктуры семян образуют две отличные друг от друга группы. Выявлены признаки микроструктуры семян, которые могут быть использованы как диагностические при классификации рода.

**Ключевые слова:** баугиния, семена, микроструктура, спермодерма, эндосперм, семядоли, рубчик.

Род *Bauhinia L.* включает около 300 видов, распространенных в тропических районах обоих полушарий. Это деревья, кустарники и лианы с двулопастными листьями, крупными цветками белой, желтой, разных оттенков красной окраски, собранными в кисти, щитки или метелки. Плоды — бобы — до 20 см длиной. Семена крупные.

Многие виды этого рода традиционно используют как лекарственные, кормовые, декоративные, технические растения [1—7].

На протяжении более 250 лет, со времени первого описания этого огромного рода Карлом Линнеем в 1753 г., ученые занимались его классификацией, предлагая различные варианты внутриродовой систематики [8—11]. Однако до сих пор не существует единой точки зрения на систему рода. Ни в одной из предложенных систем не учитывались признаки микроструктуры семян. В то же время многие ученые считают, что признаки структуры семян константны и обладают большой ценностью в качестве диагностических при решении вопросов филогении и систематики [12—16]. Структура семян видов рода *Bauhinia L.* изучена недостаточно. Некоторые сведения по этому вопросу можно найти в работах Е.Ж.Н. Corner, С.Ф. Пономаренко [16; 17]. Р. Zou, J.P. Liao, D.X. Zhang изучили поверхность семян некоторых видов рода *Bauhinia* под сканирующим электронным микроско-

пом [18]. За последние годы мы подробно изучили микроструктуру семян некоторых видов рода *Bauhinia* с использованием оптического микроскопа, сделав продольные и поперечные срезы сухих зрелых семян (без размачивания и нарушения структуры) по специальной методике [19—25]. Выявленные в результате настоящих исследований признаки микроструктуры семян могут быть полезны в решении спорных вопросов классификации рода *Bauhinia* L.

**Материал и методика исследований.** Нами изучены 360 образцов зрелых семян видов рода *Bauhinia*, относимых к 12 видам и к различным под родам, секциям и сериям [11]:

- *B. aculeata* L. (подрод *Bauhinia*, секция *Pauletia*, серия *Cansenia*);
- *B. acuminata* L. (подрод *Bauhinia*, секция *Pauletia*, серия *Acuminatae*);
- *B. cumanensis* Kunth. (подрод *Phanera*, секция *Caulotretus*, подсекция *Binaria*);
- *B. diphylla* Buch.-Ham. (подрод *Phanera*, секция *Lysiphyllum*, серия *Africanae*);
- *B. galpinii* N.E.Br. (подрод *Bauhinia*, секция *Afrobauhinia*, серия *Galpinae*);
- *B. hookeri* Muell. (подрод *Phanera*, секция *Lysiphyllum*, серия *Hookerae*);
- *B. monandra* Kurz. (подрод *Bauhinia*, секция *Telestria*, серия *Monoteles*);
- *B. purpurea* L. (подрод *Bauhinia*, секция *Telestria*, серия *Purpureae*);
- *B. racemosa* Lam. (подрод *Bauhinia*, секция *Micralvesia*, серия *Racemosae*);
- *B. rufescens* Lam. (подрод *Bauhinia*, секция *Micralvesia*, серия *Racemosae*);
- *B. tomentosa* L. (подрод *Bauhinia*, секция *Alvesia*);
- *B. variegata* L. (подрод *Bauhinia*, секция *Telestria*, серия *Purpureae*).

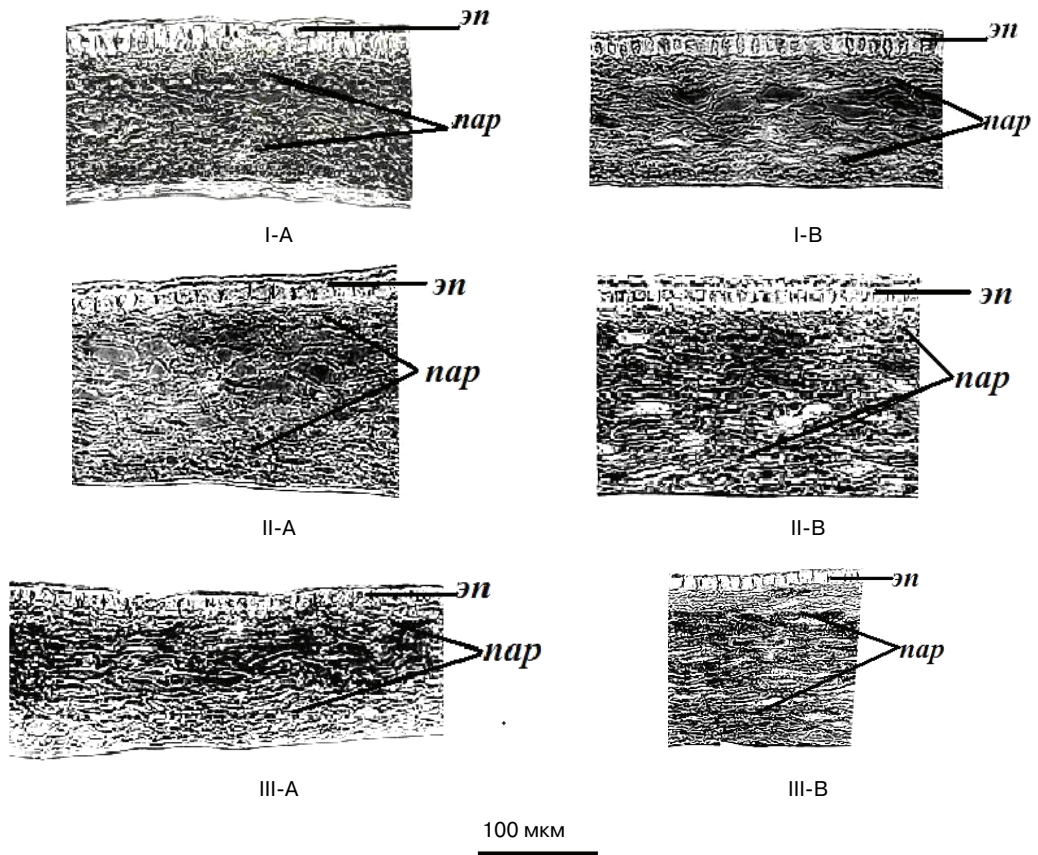
Зрелые семена этих видов получены из ботанического сада г. Калькутта (Индия), университета г. Легон (Гана).

Для изучения микроструктуры семян были изготовлены микропрепараты. У сухих семян предварительно нарушали целостность спермодермы в районе рафэ, затем семена обезвоживали абсолютным спиртом и заключали в целлоидин [26]. Семена, смонтированные на деревянных блоках, резали на салазочном микротоме МС-2 в латеральной плоскости в медиальной части в двух направлениях: параллельно оси халаза-микропиле и перпендикулярно ей. Толщина срезов составляла 10—15 мкм. Срезы окрашивали гематоксилином по Карацци и заключали в глицерин-желатин [27]. Микрофотографии препаратов делали при помощи микроскопа МБИ-6 в проходящем свете при увеличениях  $20 \times 10$  для спермодермы,  $9 \times 12,5$  для рубчика и  $40 \times 7$  для семядолей. Для каждого увеличения была сфотографирована шкала объект-микрометра, при печати неизменно выдерживался избранный масштаб. Измерения параметров микроструктуры семян проводили при помощи микроскопа МБР-1 с использованием окуляр- и объект-микрометров. Для каждого параметра делали по 20 измерений. Математическую обработку результатов измерений проводили на персональном компьютере с использованием пакета анализа данных программы Microsoft Excel. Достоверность изучения параметров структуры семян определяется величиной относительной ошибки, составляющей менее 5%.

**Результаты исследований.** Исследования показали, что по типу микроструктуры семян изученные виды рода *Bauhinia* можно разделить на две группы.

Микроструктура спермодермы, эндосперма и семядолей у всех видов каждой группы имеют единый план строения [19—25].

*Спермодерма с латеральной стороны семени.* У видов I группы эпидерма спермодермы тонкая: в пределах от 10,1 (*B. variegata*) до 18,6 мкм (*B. purpurea*), состоит из клеток кубической формы, антиклинальные и наружная периклинальная стенки утолщены. Гиподермы нет. Паренхима толщиной от 53,2 (*B. variegata*) до 80,6 мкм (*B. aculeata*), состоит из облитерированных клеток (рис. 1, 3).



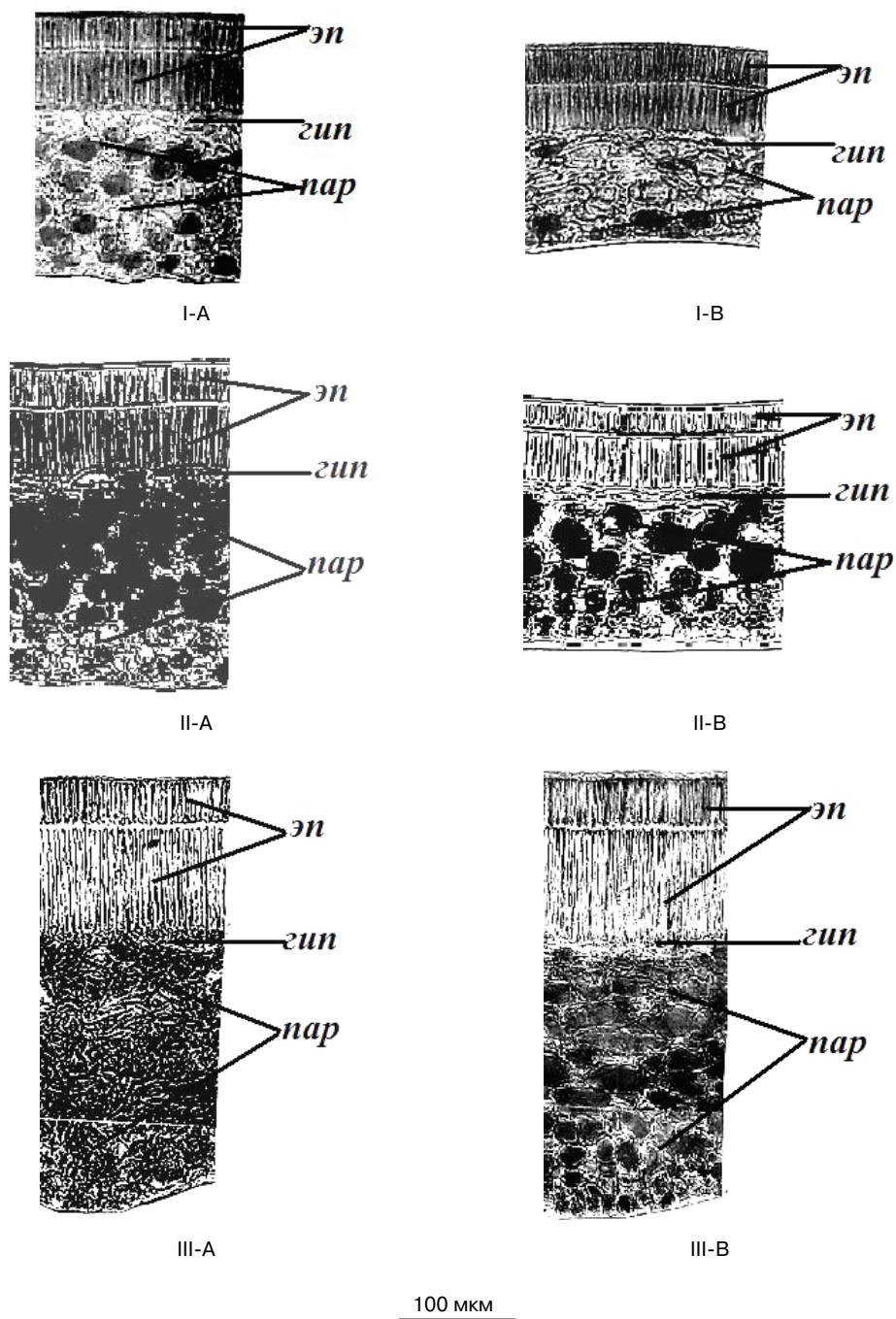
**Рис. 1.** Спермодерма видов рода *Bauhinia*:

*B. aculeata* (I), *B. purpurea* (II), *B. variegata* (III);

А — поперечный срез; В — продольный срез; увел. 20 × 10;

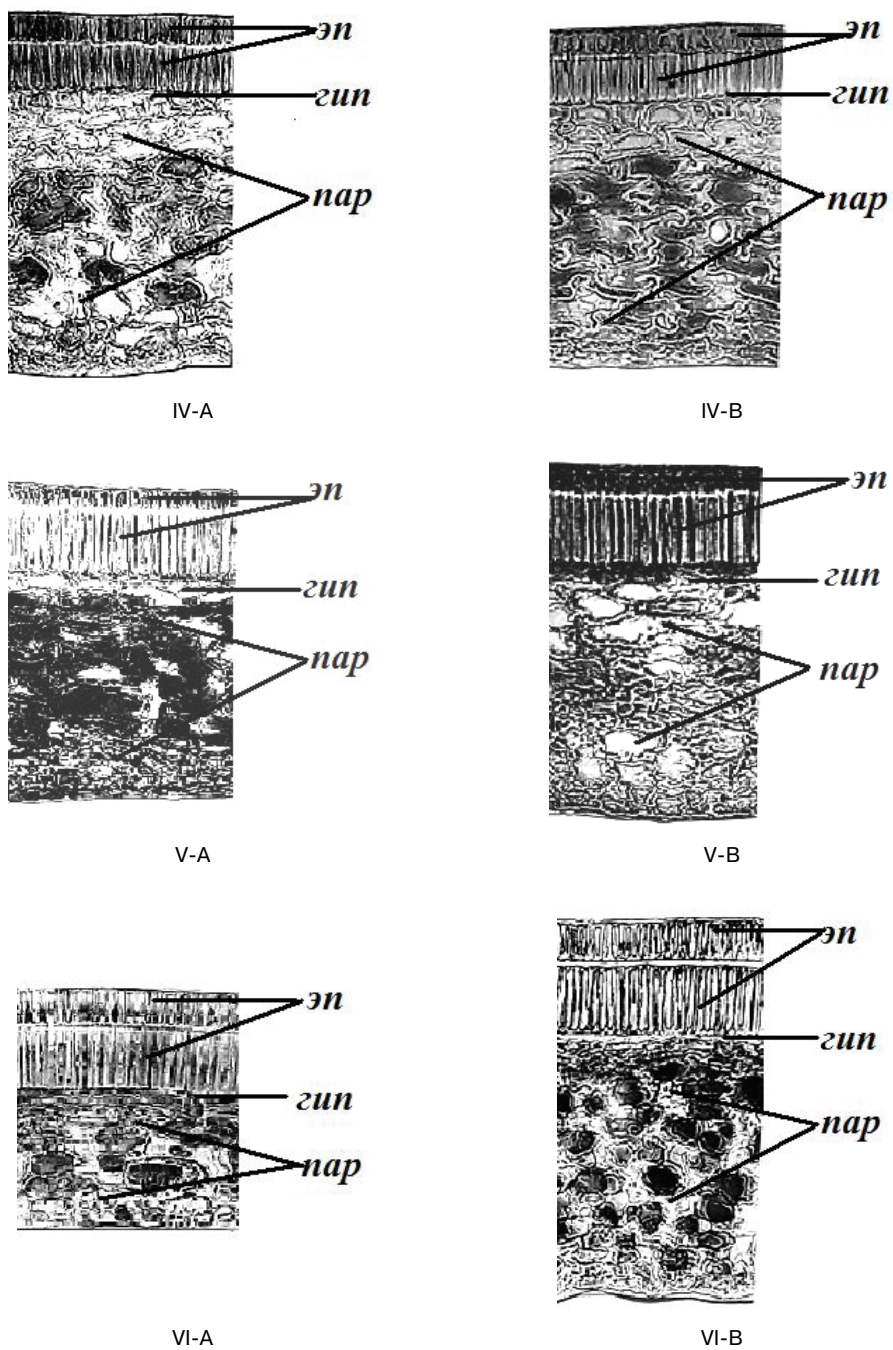
эп — эпидерма, пар — паренхима, гип — гиподерма, п.п — проводящий пучок, ал — алейроновый слой, энд — эндосперм.

У видов II группы эпидерма спермодермы толстая: в пределах от 40,0 (*B. galpinii*) до 110,0 мкм (*B. dyphylla*), двухрядная, состоит из клеток палисадной формы, антиклинальные стенки утолщены равномерно. Граница между двумя рядами клеток эпидермы видна в виде светлой линии, обладающей интенсивным светопреломлением (рис. 2). Гиподерма состоит из тонкостенных клеток с расширенными концами, толщина ее от 4,4 (*B. dyphylla*) до 17,6 мкм (*B. galpinii*). Паренхима толщиной от 65,6 (*B. tomentosa*) до 246,0 мкм (*B. racemosa*), клетки ее тонкостенные, округлые, заполнены темным содержимым (рис. 2 (1—3), 3).

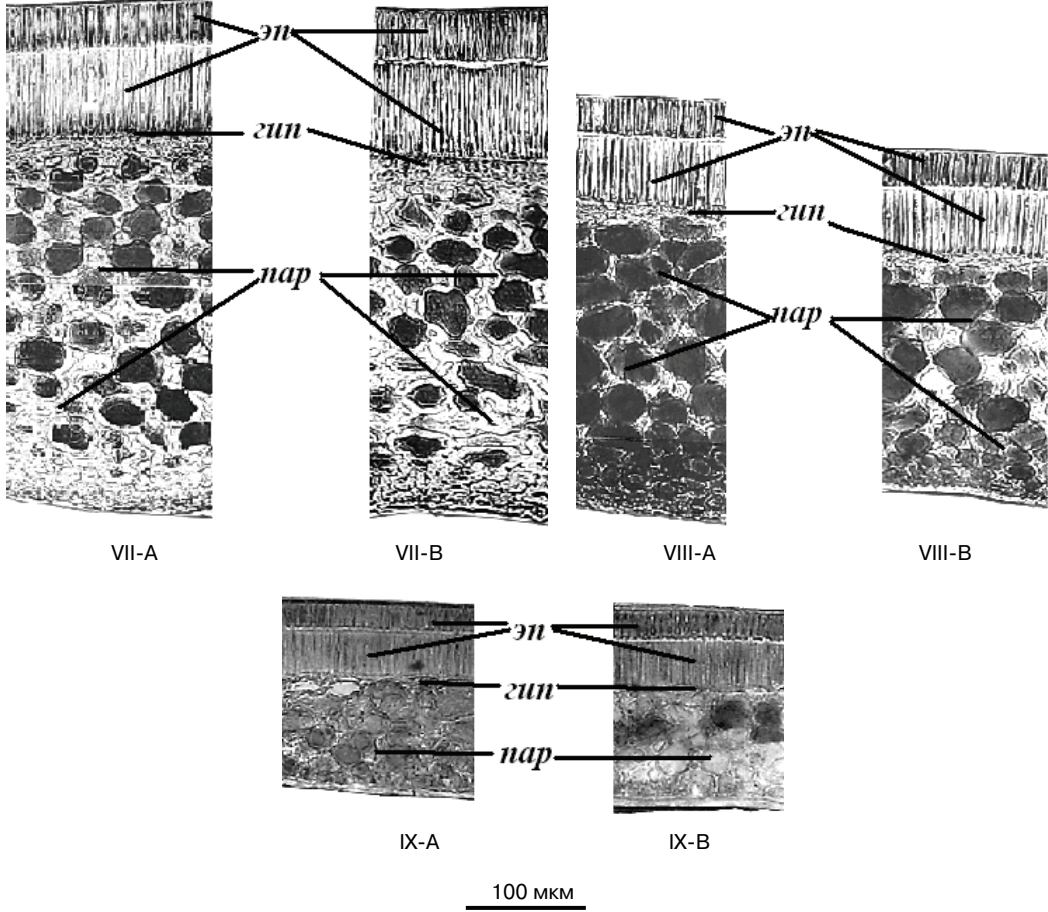


**Рис. 2-1.** Спермодерма видов рода *Bauhinia*:

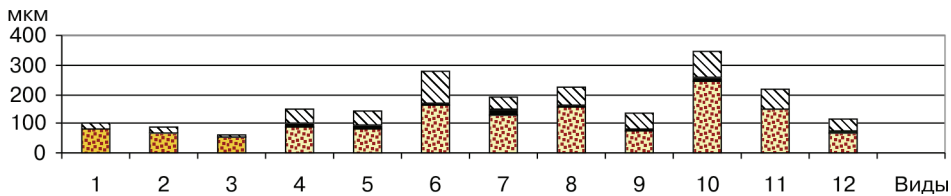
*B. acuminata* (I), *B. cumanensis* (II), *B. dyphylla* (III);  
обозначения те же, что на рис. 1.



**Рис. 2-2.** Спермодерма видов рода *Bauhinia*:  
*B. galpinii* (IV), *B. hookeri* (V), *B. monandra* (VI);  
обозначения те же, что на рис. 1.



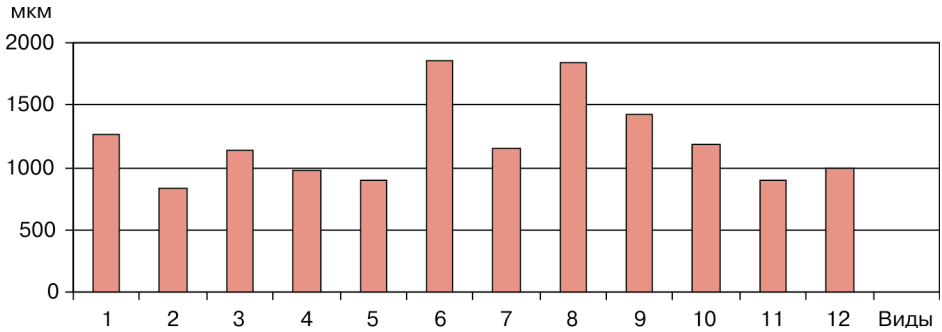
**Рис. 2-3.** Спермодерма видов рода *Bauhinia*:  
*B. racemosa* (VII), *B. rufescens* (VIII), *B. tomentosa* (IX);  
 обозначения те же, что на рис. 1.



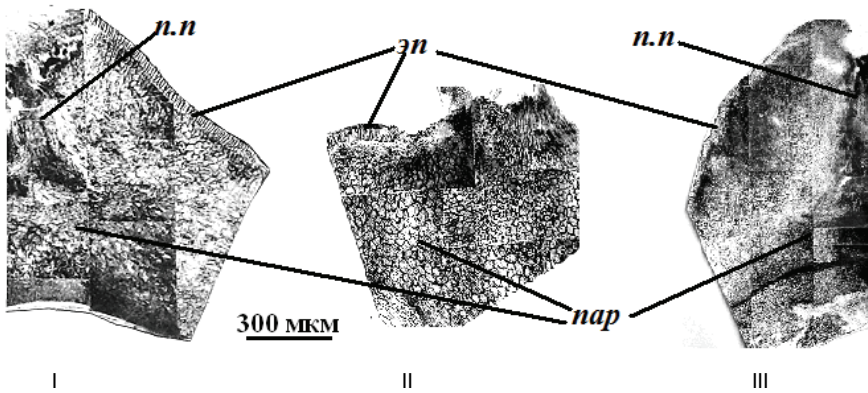
**Рис. 3.** Толщина спермодермы и тканей, ее составляющих: эпидермы, гиподермы, паренхимы (сверху вниз) у видов рода *Bauhinia*:

- 1 — *B. aculeata*, 2 — *B. purpurea*, 3 — *B. variegata*, 4 — *B. acuminata*, 5 — *B. cumanensis*, 6 — *B. dyphylla*,  
 7 — *B. galpinii*, 8 — *B. hookeri*, 9 — *B. monandra*, 10 — *B. racemosa*, 11 — *B. rufescens*, 12 — *B. tomentosa*

*Спермодерма в районе рубчика.* Структура спермодермы в области рубчика отлична от таковой на латеральной стороне семени (рис. 5). У видов I группы спермодерма в районе рубчика значительно толще, чем на латеральной стороне семени: от 837,5 (*B. purpurea*) до 1262,5 мкм (*B. aculeata*) (рис. 4). Эпидерма здесь не образуется, на поверхности расположены остатки фуникулуса. Из фуникулуса в паренхиму спермодермы входит проводящий пучок.



**Рис. 4.** Толщина спермодермы в районе рубчика у видов рода *Bauhinia*; обозначения те же, что на рис. 3.

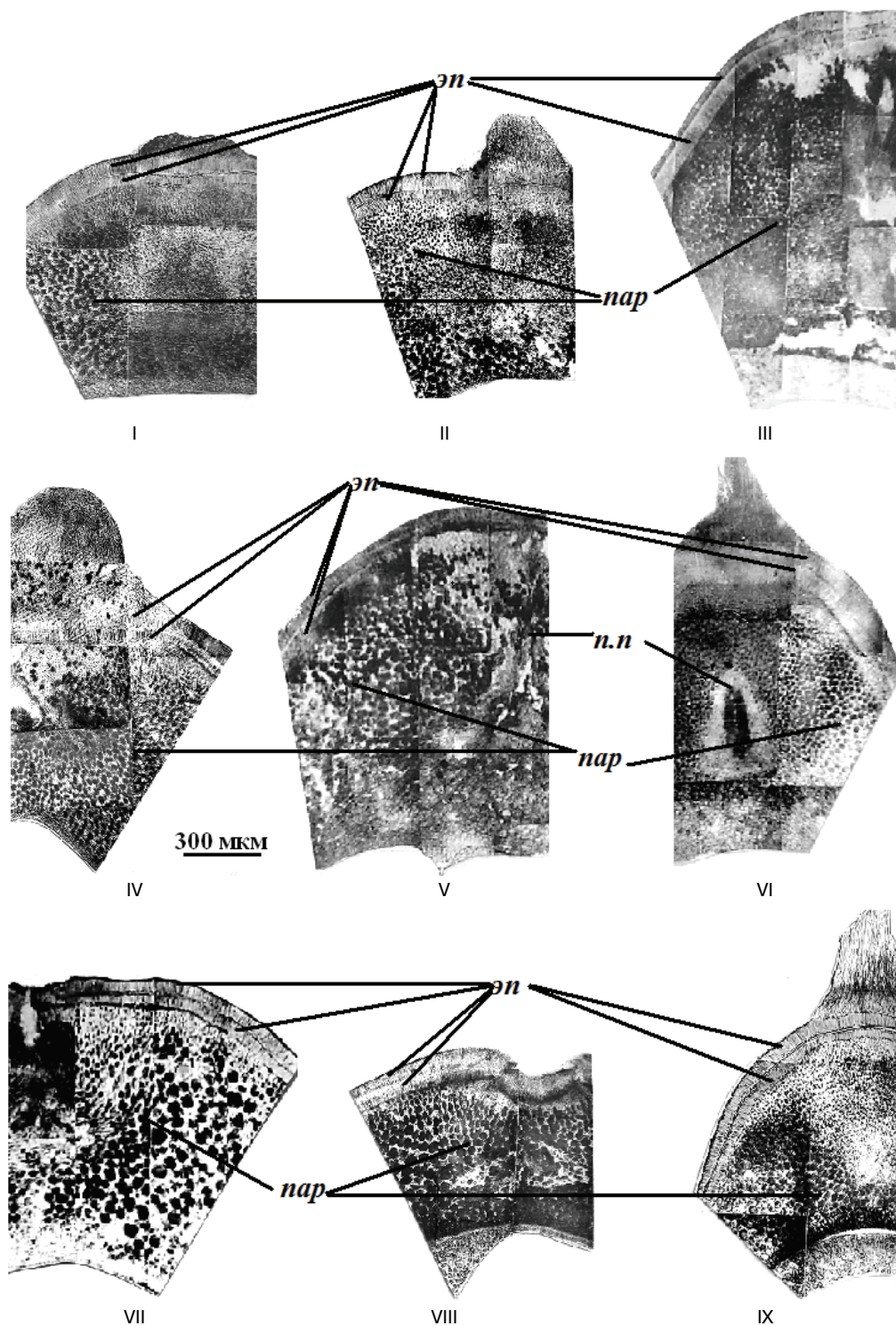


**Рис. 5.** Спермодерма видов рода *Bauhinia* в районе рубчика, увел. 9x12,5: *B. aculeata* (I), *B. purpurea* (II), *B. variegata* (III); обозначения те же, что на рис. 1.

У видов II группы спермодерма в области рубчика толще, чем на латеральной стороне семени — от 892,5 (*B. rufescens*) до 1852,5 мкм (*B. dyphylla*) (рис. 4). На поверхности хорошо выражена эпидерма, через которую в паренхиму проникает проводящий пучок. На поверхности эпидермы имеются остатки фуникулуса (рис. 6).

**Эндосперм.** У видов I группы эндосперм практически отсутствует (небольшое число облитерированных тонкостенных изодиаметрических клеток в районе семенного шва или антишва). Алейронового слоя нет (рис. 7, 8 (I, II); табл.).

У видов II группы эндосперм хорошо развит; клетки эндосперма крупные, тонкостенные, изодиаметрические или несколько вытянутые радиально. Толщина эндосперма неравномерная — наибольшая на середине латеральной стороны семени, наименьшая в районе семенного шва, антишва, рубчика и халазы: от 496,3 (*B. galpinii*) до 1405,0 мкм (*B. monandra*) (рис. 7, 8 (III — XI); табл.). Имеется алейроновый слой толщиной от 12 мкм (*B. rufescens*) до 39 мкм (*B. hookeri*). Внутренние ряды клеток эндосперма облитерированы. В сухих семенах эндосперм очень твердый, стеклообразный, в набухших — желеобразный; при набухании объем его увеличивается в несколько раз.



**Рис. 6.** Спермодерма видов рода *Vauhinia* в районе рубчика, увел. 9x12,5:

*V. acuminata* (I), *V. cumanensis* (II), *V. dyphylla* (III), *V. galpinii* (IV), *V. hookeri* (V),  
*V. monandra* (VI), *V. racemosa* (VII), *V. rufescens* (VIII), *V. tomentosa* (IX);

обозначения те же, что на рис. 1.



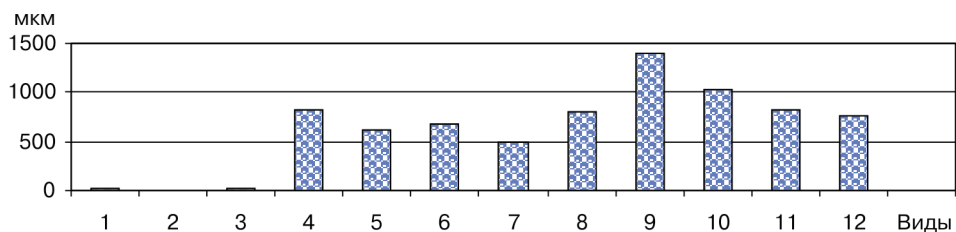


Рис. 7. Толщина эндосперма у видов рода *Bauhinia*; обозначения те же, что на рис. 3.

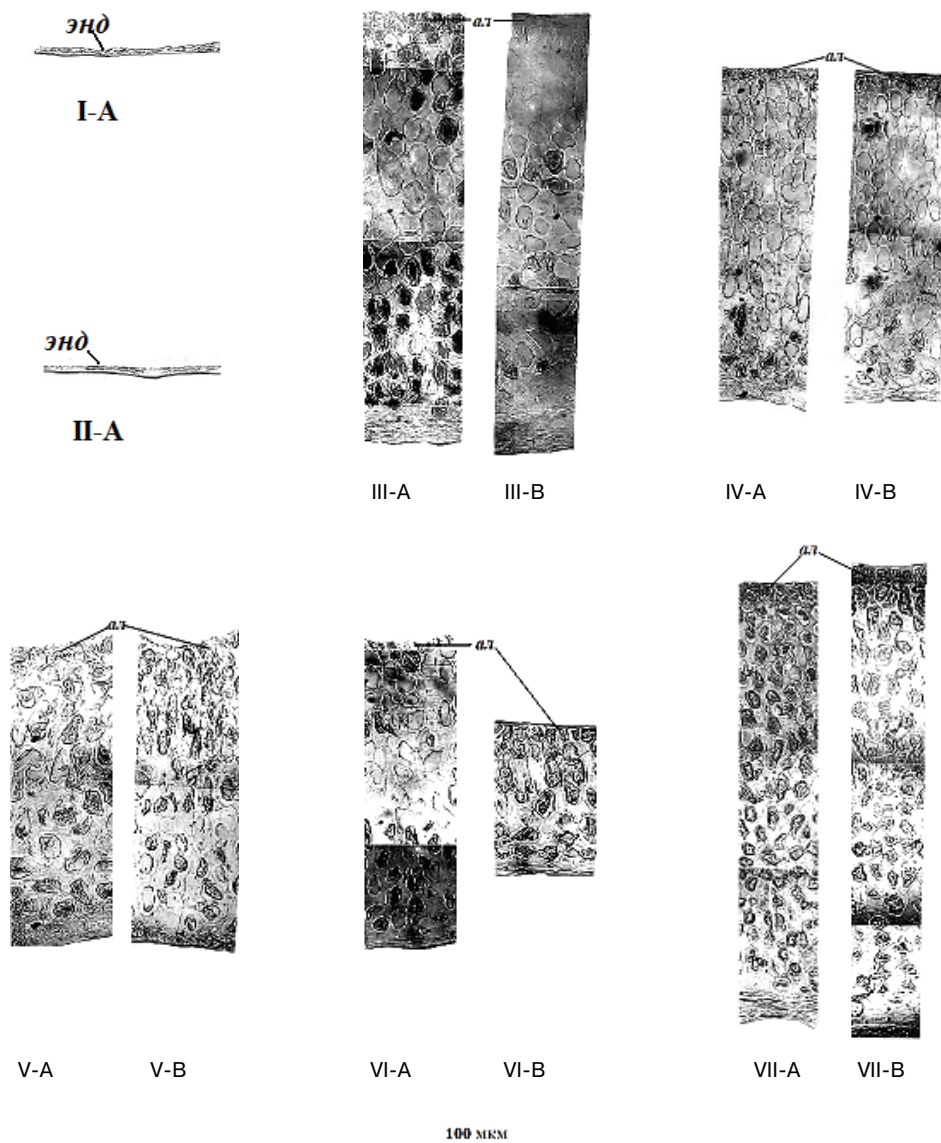
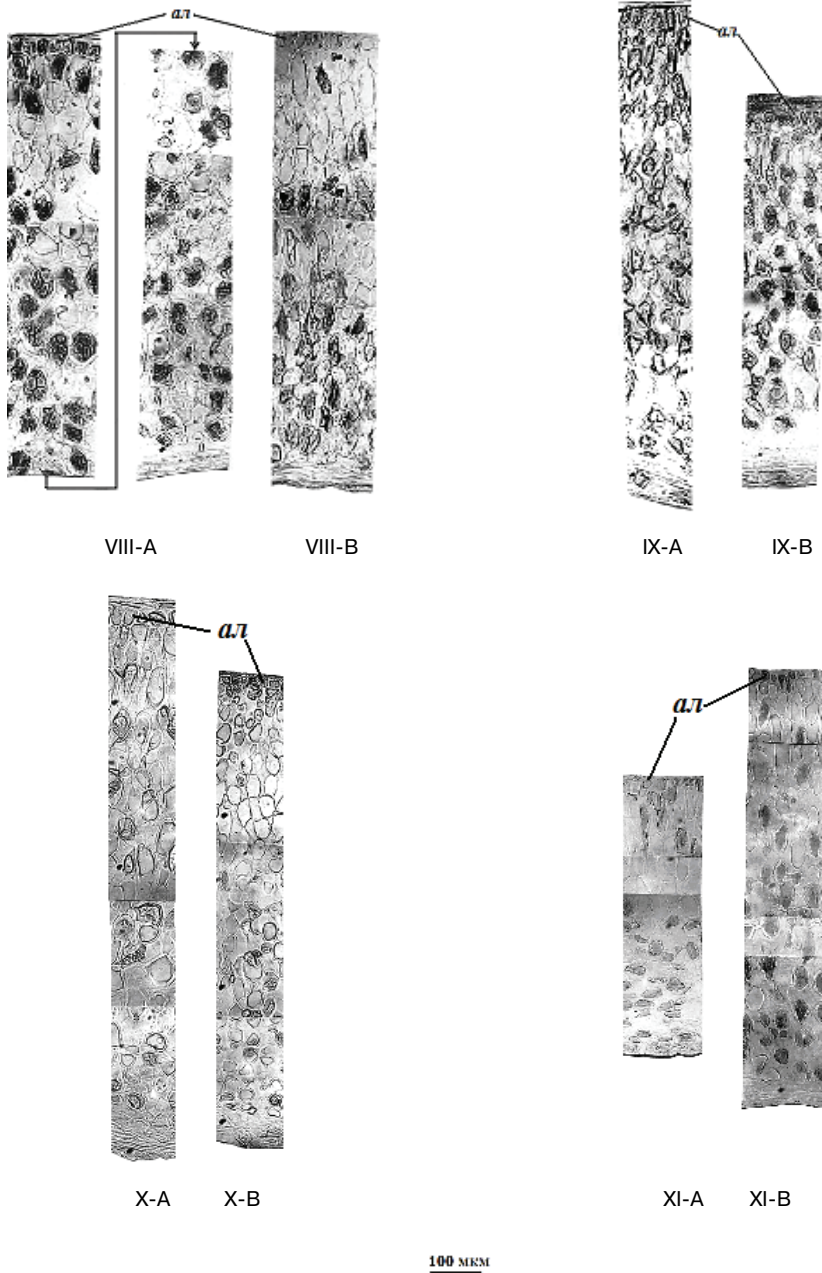


Рис. 8-1. Эндосперм видов рода *Bauhinia*, увел.  $\times 20 \times 10$ :  
*B. aculeata* (I), *B. variegata* (II), *B. acuminata* (III), *B. cumanensis* (IV),  
*B. dyphylla* (V), *B. galpinii* (VI), *B. hookeri* (VII);  
 А — поперечный срез; В — продольный срез; ал — алейроновый слой.

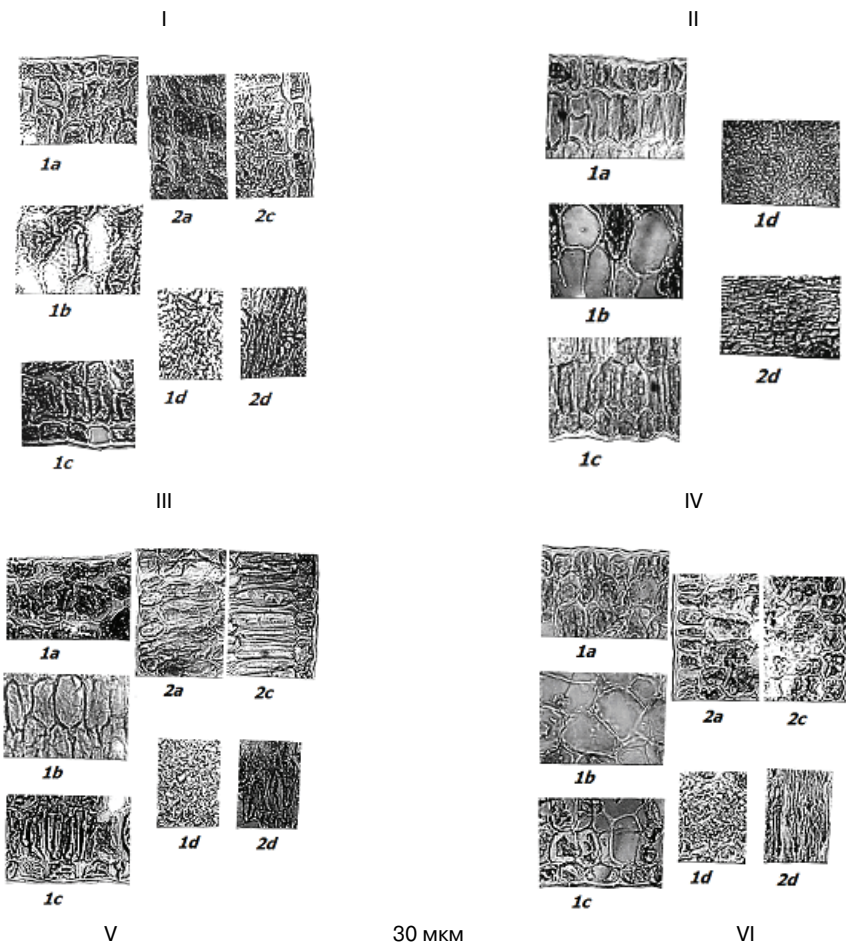


**Рис. 8-2.** Эндосперм видов рода *Bauhinia*, увел.  $\times 20 \times 10$ :  
*B. monandra* (VIII), *B. racemosa* (IX), *B. rufescens* (X), *B. tomentosa* (XI);  
А — поперечный срез; В — продольный срез; ал — алейроновый слой.

*Зародыш.* У видов I группы эпидерма семядолей без устьичных аппаратов толщина ее с абаксиальной стороны от 14,8 (*B. variegata*) до 16,0 мкм (*B. aculeata*), с адаксиальной — от 17,4 (*B. variegata*) до 20,6 мкм (*B. aculeata*) (табл.). Клетки запасящей паренхимы изодиаметрические, тонкостенные с множеством пор. Палисадная паренхима с адаксиальной стороны семядолей отсутствует. Ме-

зофилл пронизан тяжами проводящих элементов (рис. 9 (I—III)). Запасными питательными веществами являются запасной белок и жирное масло, крахмала нет.

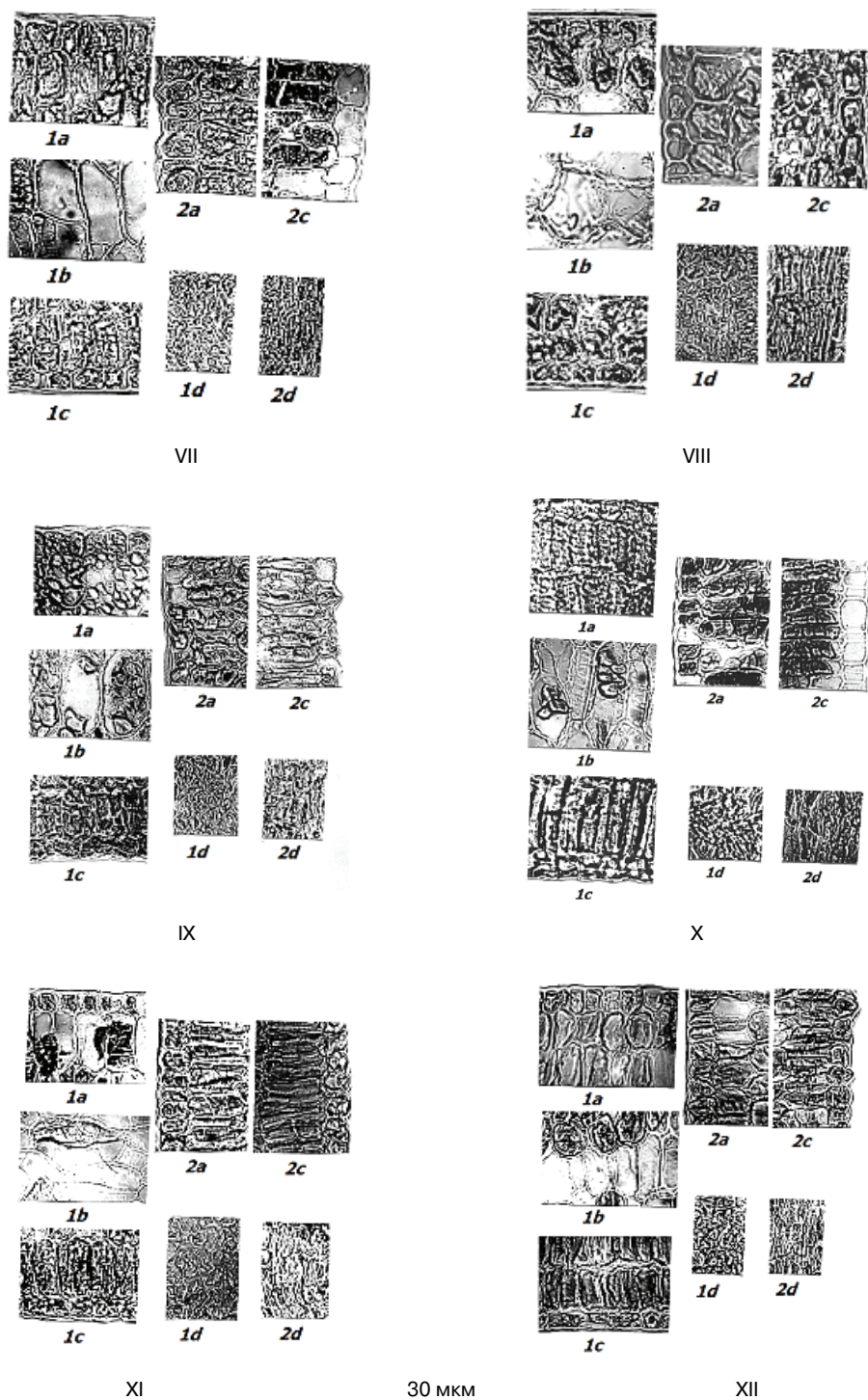
У видов II группы эпидерма семядолей без устьичных аппаратов. Толщина ее у изученных видов отличается мало: с абаксиальной стороны от 15,7 (*B. rufescens*) до 20,9 мкм (*B. acuminata*), с адаксиальной стороны — от 15,1 (*B. rufescens*) до 22,6 мкм (*B. dyphylla*) (табл.). Для запасающей паренхимы характерна изопалисадность — палисадная паренхима расположена не только на адаксиальной стороне: весь мезофилл состоит из клеток, приближающихся по форме к палисадным. Клетки запасающей паренхимы имеют тонкие стенки с множеством пор. Мезофилл пронизан тяжами проводящих элементов (рис. 9 (IV, V, VI); рис. 10). Запасными питательными веществами является в основном белок; жирного масла немного, крахмала нет.



**Рис. 9.** Семядоли видов рода *Bauhinia*, увел. 40×7:

*B. aculeata* (I), *B. purpurea* (II) *B. variegata* (III), *B. acuminata* (IV),  
*B. cumanensis* (V), *B. dyphylla* (VI);

1 — поперечный срез, 2 — продольный срез; а — эпидерма с абаксиальной стороны; б — паренхима; с — эпидерма с адаксиальной стороны, д — проводящий пучок.



**Рис. 10.** Семядоли видов рода *Bauhinia*, увел. 40×7:

*B. galpinii* (VII), *B. hookeri* (VIII), *B. monandra* (IX), *B. racemosa* (X), *B. rufescens* (XI), *B. tomentosa* (XII);  
 1 — поперечный срез, 2 — продольный срез; а — эпидерма с абаксиальной стороны; б — паренхима;  
 с — эпидерма с адаксиальной стороны, d — проводящий пучок.

**Параметры микроструктуры семян видов рода *Bauhinia***

Параметры микроструктуры семян	I группа видов	II группа видов
Толщина спермодермы с латеральной стороны семени, мкм	63,3—99,0	116,2—344,1
Толщина спермодермы в районе рубчика, мкм	837,5—1262,5	892,5—1845,0
Число слоев клеток эпидермы спермодермы	один	два
Толщина эпидермы спермодермы с латеральной стороны семени, мкм	10,1—18,6	40,0—110,0
Толщина гиподермы спермодермы с латеральной стороны семени, мкм	—	4,4—17,6
Толщина паренхимы спермодермы с латеральной стороны семени, мкм	53,2—80,6	65,6—246,0
Толщина эндосперма с латеральной стороны семени, мкм	16,9—18,7	496,3—1405,0
Толщина алейронового слоя, мкм	—	12,5—38,8
Толщина эпидермы семядолей с абаксиальной стороны, мкм	14,8—16,0	15,7—20,9
Толщина эпидермы семядолей с адаксиальной стороны, мкм	17,4—20,6	15,1—22,6

**Заключение.** В результате всестороннего исследования микроструктуры сухих зрелых семян 12 видов рода *Bauhinia* и измерения параметров микроструктуры семян выявлены существенные различия в микроструктуре семян между видами рода. Показано, что по типу микроструктуры семян изученные виды рода *Bauhinia* можно разделить на две отличные друг от друга группы (табл.). К первой группе отнесены *B. aculeata*, *B. purpurea*, *B. variegata*, семена которых имеют тонкую однослойную эпидерму спермодермы и не содержат эндосперма. Ко второй группе отнесены *B. acuminata*, *B. cumanensis*, *B. dyphylla*, *B. galpinii*, *B. hookeri*, *B. monandra*, *B. racemosa*, *B. rufescens*, *B. tomentosa*, семена которых имеют двухслойную, толстую эпидерму спермодермы и развитый многослойный эндосперм [25].

Признаки структуры зародыша не могут достоверно характеризовать различия видов.

Результаты изучения параметров структуры семян можно считать достоверными, так как относительная ошибка не превышает 5%.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Savi A.O., Breviglieri E., Bella-Cruz A., Yunes R.A., Cechinel Filho V. Antibacterial activity of *Bauhinia splendens* leaves (Leguminosae) // Revista de Biologia Tropical. — 1997. — V. 44 — 45. — № 3—1. — P. 601—603.
- [2] Saikat B., Singh A.K., Banerjee S.K., Banerjee S. Impact of flyash on foliar chemical and biochemical composition of naturally occurring ground flora and its possible utilization for growing tree crops // Indian Forester. — 2003. — V. 129. — № 8. — P. 964—978.
- [3] Khan M.A., Wajahat Hanif. Ethno veterinary medicinal uses of plants from Samahni valley dist. Bhimber (Azad Kashmir) Pakistan // Asian Journal of Plant-Sciences. — 2006. — V. 5. — № 2. — P. 390—396.
- [4] Gupta M., Mazumder U.K., Kumar R.S., Gomathi P., Rajeshwar Y., Kakoti B.B., Selven V.T. Anti-inflammatory, analgesic and antipyretic effects of methanol extract from *Bauhinia racemosa* stem bark in animal models // Journal of Ethnopharmacology. — 2005. — V. 98. — № 3. — P. 267—273.

- [5] *Oliveira C.Z., Maiorano V.A., Marcussi S., Sant-Ana C.D., Januario A.H., Lourenco M.V., Sampaio S.V., Franca S.C., Pereira P.S., Soares A.M.* Anticoagulant and antifibrinolytic properties of the aqueous extract from *Bauhinia forficata* against snake venoms // *Journal of Ethnopharmacology*. — 2005. — V. 98. — № 1—2. — P. 213—216.
- [6] *Raj Kapoor B., Jayakar B., Muruges N., Sakthisekaran D.* Chemoprevention and cytotoxic effect of *Bauhinia variegata* against N-nitrosodiethylamine induced liver tumors and human cancer cell lines // *Journal of Ethnopharmacology*. — 2006. — V. 104. — № 3. — P. 407—409.
- [7] *Kumar R.S., Sivakumar T., Sunderam R.S., Gupta M., Mazumdar U.K., Gomathi P., Rajeshwar Y., Saravanan S., Kumar M.S., Muruges K., Kumar K.A.* Antioxidant and antimicrobial activities of *Bauhinia racemosa* L. stem bark // *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. — 2005. — V. 38. — № 7. — P. 1015—1024.
- [8] *Candolle A. de.* *Bauhinia* L. / *Prodr. Syst. Nat. Parisiis*, 1825. — Pars 2. — P. 512—518.
- [9] *Bentham G.* *Leguminosae* / *Martius G. Flora Brasiliensis*. — Leipzig, 1870. — V. 15 (2). — P. 1—527.
- [10] *Wit H. C. de.* A revision of the Malaysian *Bauhinieae* / *Reinwardtia*. — 1956. — V. 3. — P. 381 — 541.
- [11] *Wunderlin R.P., Larsen K., Larsen S.S.* Reorganization of the Cercideae (Fabaceae: Caesalpinioideae) / *Biol. Skrift*. — 28. Kong. Danske Vidensk. selsk. — 1987. — P. 1—40.
- [12] *Netolitzky F.* Anatomie der Angiospermen-Samen / *Linsbauer K. Handbuch der Pflanzenanatomie*. — Berlin, 1926. — P. 10. — S. 1—364.
- [13] *Козо-Полянский Б.М.* Значение различных методов в систематике растений / *Пробл. бот.* — М.-Л., 1950. — Вып. 1. — С. 28—69.
- [14] *Меликян А.П.* Применение данных анатомии спермодермы к систематике и филогении нимфейных / *Второе Моск. совещ. по филогении раст.* — М., 1964. — С. 46—48.
- [15] *Меликян А.П.* О признаках примитивности и специализации в типах семенных покровов цветковых растений // *Докл. АН Арм. ССР*. — 1972. — Т. 55. — № 4. — С. 239—243.
- [16] *Corner E.J.H.* The seeds of Dicotyledons / *L., N.-J., Melbourne*, 1976. — V. 1, 2.
- [17] *Пономаренко С.Ф.* Порядок 86. Fabales / *Сравнительная анатомия семян. Двудольные. Rosidae I*. — СПб.: Мир и семья, 1996. — Т. 5. — С. 264—298.
- [18] *Zou P., Liao J.P., Zhang D.X.* Spermodermal micro-morphology of *Bauhinia* (Leguminosae, Caesalpinioideae) // *Guthaia*. — 28 (1). — 2008. — P. 24—32.
- [19] *Пономаренко С.Ф., Павлова М.Е.* Структура семян видов рода *Bauhinia* L. (Fabaceae Lindl.) в связи с классификацией / *Международная научная конференция по систематике высших растений*. — М., 2002. — С. 88.
- [20] *Пономаренко С.Ф., Павлова М.Е.* Микроскопическая структура семян видов рода *Bauhinia* L. (сем. Fabaceae Lindl.) в связи с классификацией / *Аграрный сектор и его современное состояние. Мат. науч. конф. аграрного ф-та*. — М.: РУДН, 2002. — С. 78.
- [21] *Пономаренко С.Ф., Павлова М.Е.* Структура семян видов рода *Bauhinia* L. (Fabaceae Lindl.) в связи с классификацией / *II международная конференция по анатомии и морфологии растений*. — СПб., 2002. — С. 175—176.
- [22] *Пономаренко С.Ф., Павлова М.Е.* Структура семян видов рода *Bauhinia* L. (Fabaceae Lindl.) в связи с классификацией // *Известия АН. Серия Биологическая*. — 2003. — № 4. — С. 438—446.
- [23] *Павлова М.Е.* Особенности структуры семян видов рода *Bauhinia* L. (сем. Fabaceae Lindl., подсем. Caesalpinioideae) // *Актуальные проблемы современного аграрного производства. Сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и аспирантов аграрных вузов РФ*. — М.: РУДН, 2008. — С. 17—19.
- [24] *Павлова М.Е., Сурков В.А.* Применение данных о структуре семян к классификации рода *Bauhinia* L. (сем. Fabaceae Lindl., подсем. Caesalpinioideae) // *Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. «Агрономия и животноводство»*. — 2008. — № 3. — С. 23—34.

- [25] Павлова М.Е. Сравнительная характеристика структуры семян видов рода *Bauhinia* L. (сем. Fabaceae Lindl., подсем. Caesalpinioideae): Дисс. ... канд. биол. наук. — М., 2009.
- [26] Пономаренко С.Ф. К вопросу изготовления микропрепаратов сухих семян // Бот. журн. — 1974. — Т. 59. — № 4. — С. 534—535.
- [27] Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. — М.: Высшая школа, 1960.

**CONCERNING THE *BAUHINIA* L. SPECIES  
(FAM. *FABACEAE* LINDL., SUBFAM. *CAESALPINIOIDEAE*  
*KURTH.*) SEEDS' MACROSTRUCTURE**

**M.E. Pavlova, V.A. Surkov,  
A.A. Terehin**

Department of botany, plant physiology and agrobiotechnology  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Miklukho-Maklaya str., 8/2, Moscow, Russia, 117198*

Microstructure (cross-section and longitudinal cuts) of mature dry seeds of 12 species of *Bauhinia* L. genus was examined. It was shown that according to the seeds' microstructure type the investigated *Bauhinia* L. species form two different groups. Signs of seed microstructure, useful as diagnostic for classification of the genus, were revealed.

**Key words:** *Bauhinia*, seeds, microstructure, spermoderm, endosperm, cotyledons, hilum.