

УДК 633.862.4:581.48

СРАВНИТЕЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕМЯН ВИДОВ ИНДИГОФЕРЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ В СССР

В. Г. ХРЖАНОВСКИЙ, С. Ф. ПОНОМАРЕНКО, В. И. МОШАНОВ
(Кафедра ботаники)

Некоторые виды индигоферы (род *Indigofera* L., сем. Fabaceae) издавна привлекали внимание человека как кормовые, лекарственные, технические, декоративные растения. Наиболее устойчива репутация индигоферы как источника получения натуральной синей краски для живописи и тканей (в том числе джинсовых) — индиго, а также краски для волос — басмы.

Среди самых широковозделываемых видов можно отметить следующие: *Indigofera tinctoria* L., *I. articulata* Gouan, *I. arrecta* Hochst., *I. endecaphylla* Jacq., *I. suffruticosa* Mill. [1]. Чаще всего возделывают *Indigofera tinctoria* — индигоферу красильную в качестве однолетней культуры (Иран, Индия, Китай, Япония, а также многие африканские страны). Утверждение, что этот вид происходит из Индии, но встречается только в культуре [1, 6], несостоятельно. Авторы книг «Флора Ямайки» [7], «Флора Тропической Африки» [9], «Древесные растения Ганы» [8] на основании достоверных фактических данных утверждают, что индигофера красильная хорошо представлена в природных растительных ассоциациях. Ф. Ирвайн [8] называет следующие районы ее произрастания: Западная и Тропическая Африка, Сенегал, Нигерия. На Ямайке индигофера красильная — кустарник около 60 см высоты [7], а африканские растения намного выше — до 180 см, одревесневают слабо.

Для получения красителей возделывают также *I. articulata* — индигоферу членистую. Это многолетнее травянистое растение. В естественных условиях оно распространено в Южной Азии и Африке [1].

Работы по интродукции и выведению новых сортов индигоферы были организованы отделом технических культур Государственного Никит-

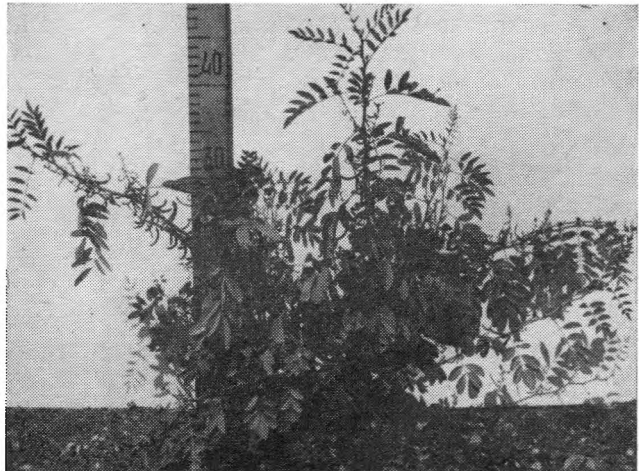


Рис. 1. Индигофера красильная.

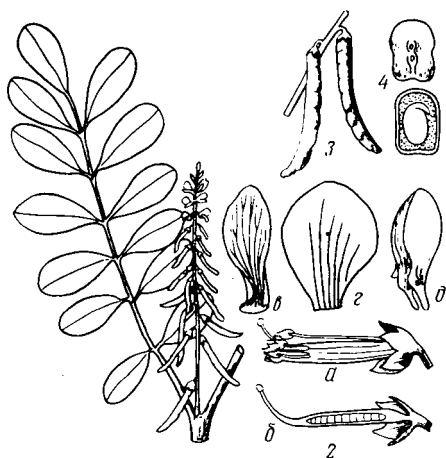


Рис. 2. Индигофера красильная.

1 — репродуктивный побег; 2 — части цветка;
 а — цветок без околоцветника; б — гницей;
 в — весло; г — парус; д — лодочка; 3 — плоды;
 4 — семена.

ского ботанического сада (ГНБС) в начале 70-х годов. В качестве наиболее перспективных видов избрали два — индигоферу красильную (рис. 1, 2) и индигоферу членистую. Семена первого вида были завезены из Ирана, второго — из окрестностей г. Регара Таджикской ССР, где индигоферу членистую издавна возделывают на приусадебных участках. Оба вида близки по основным диагностическим признакам и физиологическим свойствам, а различаются по окраске лепестков, опушенности чашечки, числу листочков на рахисе, по морфологии плода — более короткого, четковидного и малосеменного у индигоферы членистой. Число хромосом у обоих видов — 16 (2n).

Для определения оптимального района промышленного возделывания этой культуры в СССР были произведены географические посевы в различных районах советских субтропиков: в Крымской области УССР (ГНБС, совхоз-завод «Шалфейный»), в Грузинской ССР (Сухумская опытная станция по эфиромасличным культурам), в Таджикской ССР (совхоз-завод «Эфирос», совхоз «Карабекуальский»). В сравнительном плане изучались некоторые биологические особенности, прежде всего кинетика ритма развития, жизненность, продуктивность растений.

Многолетние экспериментальные данные с полной достоверностью свидетельствуют о том, что изучаемые виды индигоферы являются перспективными для введения в культуру [2, 3]. На всех опытных участках индигофера членистая по высоте и диаметру кроны превосходила индигоферу красильную. Так, на Сухумской опытной станции средняя высота ее составляла 80 см, а индигоферы красильной — 60 см. Наиболее крупные растения были отмечены на опытных участках совхоза-завода «Эфирос» (Таджикская ССР), где высота индигоферы красильной достигала 120—138 см, а индигоферы членистой — 126—140 см. Самые большие урожаи сухого листа получены в Таджикской ССР — 24 ц/га (совхоз-завод «Эфирос») и 38 ц/га (совхоз «Карабекуальский»). Урожай листа в Крыму составил лишь 13,7 ц/га, а на Сухумской опытной станции — 18,3 ц/га. Такое различие объясняется тем, что в Крыму проводится только одно скашивание в год, а в Средней Азии при поливе — 2—3.

Поскольку индигоферу возделывают как однолетнюю культуру, встает вопрос о семеноводстве. Семена индигоферы хорошо прорастают только при высоких температурах (25—30°). В условиях географических посевов процент прорастания семян значительно колебался в зависимости от количества тепла. Отмечено также, что всхожесть семян индигоферы членистой несколько ниже, чем индигоферы красильной. Кроме того, на семенных участках необходим тщательный биологический контроль за созреванием семян.

В связи с изложенным нами было предпринято сравнительное микроскопическое исследование семян индигоферы членистой и индигоферы красильной.

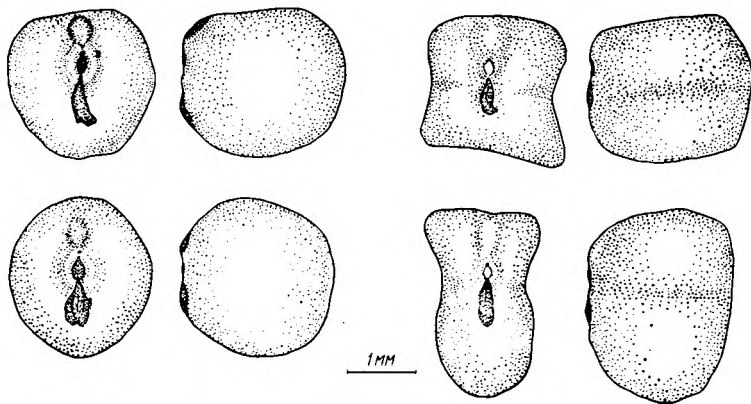


Рис. 3. Семена индигоферы членистой (I) и индигоферы красильной (II)

Материал и методика

Материал для исследования получен из ГНБС (г. Ялта).

Сухие семена заливали с целлоидин [4]. Срезы толщиной 15—20 мкм делали при помощи санного микротома МС-2 поперек и вдоль большей его оси, окрашивали гематоксилином по Кораци и заключали в глицерин-желатин. Микропрепараты сделаны в 3-кратной повторности. Рисунки выполнены при помощи микроскопов МБС-1, МБР-1 и рисовального аппарата

РА-4, микрофотографии — при помощи микроскопа МБР-6, измерения (30 по каждому показателю) — при помощи окуляр- и объектмикрометров. На ЭВМ-М220М вычислены следующие статистические характеристики: средняя арифметическая (\bar{x}), ошибка средней ($s_{\bar{x}}$), коэффициент вариации (V), относительная ошибка средней ($s_{\bar{x}}\%$). Точность эксперимента, как показывает таблица, достаточная.

Результаты работы и их обсуждение

Семена индигоферы членистой и индигоферы красильной значительно различаются по внешнему виду. У первой они овальной формы, иногда как бы усеченные, но только с одного конца, рубчик темного цвета, в районе семенного шва и корешка имеются темные пятна

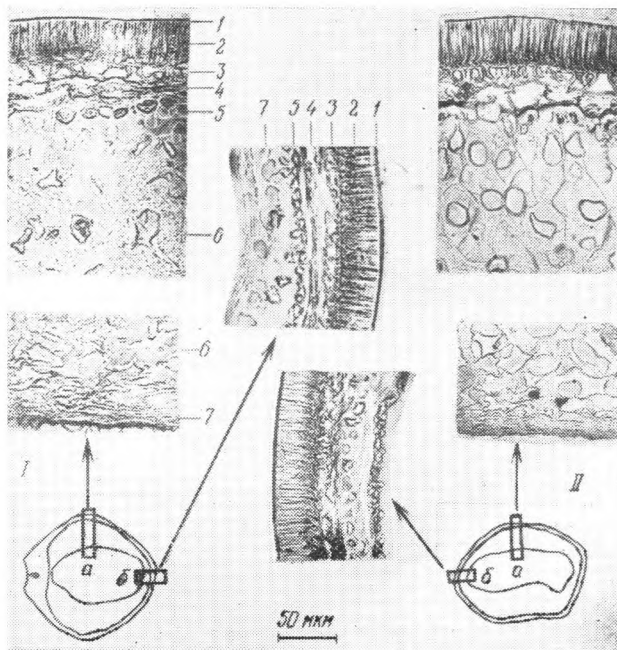


Рис. 4. Спермодерма и остатки эндосперма индигоферы членистой.

I — в поперечном разрезе; II — в продольном разрезе; а — боковая часть семени; б — спинка семени, ув. 20××10; 1 — кутикула; 2 — палисадная паренхима; 3 — гиподерма; 4 — паренхима; 5 — алейроновый слой; 6 — слизистый слой; 7 — облитерированный слой.

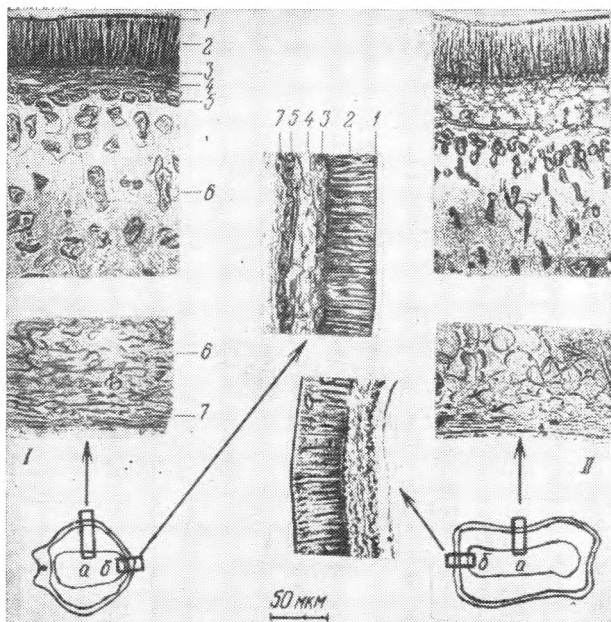


Рис. 5. Спермодерма и остатки эндосперма индигоферы красильной.

I — в поперечном разрезе; *II* — в продольном разрезе; *a* — боковая часть семени; *b* — спинка семени, ув. 20×10; 1 — кутикула; 2 — палисадная эпидерма; 3 — гиподерма; 4 — паренхима; 5 — алейроновый слой; 6 — слизистый слой; 7 — облитерированный слой.

(рис. 3, *I*); у индигоферы красильной — усеченные то с одного, то с обоих концов, перетянутые посредине, рубчик светлый, темное пятно только в районе семенного шва (рис. 3, *II*). Разница по массе — в пределах ошибки опыта, однако у индигоферы красильной семена более выравненные (масса одного семени 5—8 мг), тогда как у индигоферы членистой колебания по этому показателю достигают 6 мг (масса одного семени — 4—10 мг).

Наружный слой спермодермы — палисадная эпидерма (рис. 4, 5). Клетки ее несколько изогнуты в нижней части, полость внизу шире, чем наверху. Наружные концы клеток слабо выпуклые, пересекаются световой линией. Сверху палисадная эпидерма покрыта кутикулой, субкутикулярный слой едва заметен.

По классификации К. Циммермана [10], изучавшего структуру семян бобовых, палисадную эпидерму индигоферы можно отнести ко второй группе.

Гиподерма состоит из одного ряда катушечных клеток. Под ней расположен слой облитерированных паренхимных клеток.

С боковой стороны семени спермодерма несколько толще, чем со стороны спинки, в основном за счет гиподермы и паренхимы (табл.).

Общий план строения спермодермы у обоих видов практически одинаков. Однако при количественном анализе микроскопической структуры спермодермы выявились существенные различия между ними (табл.). У индигоферы членистой общая толщина спермодермы на 8 мкм больше, чем у индигоферы красильной. При этом толщина

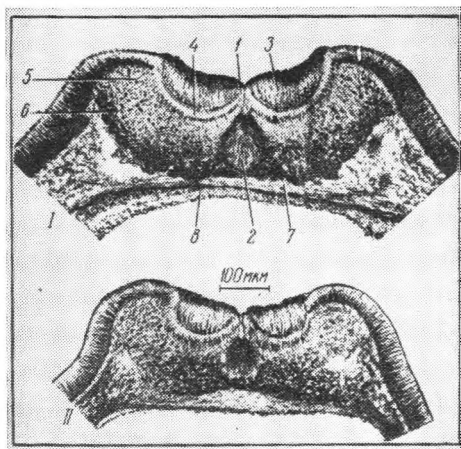


Рис. 6. Рубчик индигоферы членистой (*I*) и индигоферы красильной (*II*), ув. 9×12,5.

1 — рубчиковая щель; 2 — остров трахеид; 3 — верхняя палисадная эпидерма (остатки семяножки); 4 — нижняя палисадная эпидерма; 5 — механическая ткань; 6 — астероидная ткань; 7 — паренхима; 8 — остатки эндосперма.

палисадной эпидермы меньше, а гиподермы и паренхимы — больше. Исследование, проведенное нами ранее [5], показало, что толстые гиподерма и паренхима свойственны семенам растений из более аридных местообитаний.

Рубчик имеет обычное для бобовых строение (рис. 6). У индигоферы членистой он с поверхности в 2 раза больше, чем у индигоферы красильной. Толщина его в поперечном разрезе и площадь острова трахеид также больше (табл.). Все это свидетельствует о большей засухоустойчивости семян индигоферы членистой.

К спермодерме примыкают остатки эндосперма — алейроновый слой из небольших клеток, мощный слизистый слой из крупных парен-

Характеристика структуры семян индигоферы членистой и индигоферы красильной

Показатели	Индигофера членистая			Индигофера красильная		
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	v	$S_{\bar{x}} \%$	$x \pm S_{\bar{x}}$	v	$S_{\bar{x}} \%$
Масса, мг	7,0±0,4	28	6	6,6±0,2	14	3
Спермодерма (боковая часть семени)						
Толщина, мкм:						
общая	91,6±1,6	10	2	84,1±1,0	6	1
кутикулы	1,6±0,0	0	0	1,6±0,0	0	0
палисадной эпидермы	45,2±0,2	6	0	50,5±0,3	3	0
гиподермы	22,4±0,3	8	1	15,5±0,3	11	2
паренхимы	22,4±1,4	35	6	16,5±0,2	27	1
Спермодерма (спинка семени)						
Толщина, мкм:						
общая	74,8±1,7	8	2	73,5±0,9	5	1
кутикулы	1,6±0,0	0	0	1,6±0,0	0	0
палисадной эпидермы	41,6±0,2	4	0	48,8±0,4	3	1
гиподермы	15,8±0,6	13	4	11,2±0,4	14	3
паренхимы	15,8±1,7	38	11	11,9±0,6	22	5
Остатки эндосперма (боковая часть семени)						
Толщина, мкм:						
общая	764,3±26,2	19	3	53,1±10,9	8	1
алеиронового слоя	16,5±0,0	0	0	16,2±0,2	6	1
слизистого слоя	714,8±26,4	20	4	703,6±10,8	8	1
облитерированного слоя	33,0±0,0	0	0	33,3±0,0	0	0
Остатки эндосперма (спинка семени)						
Толщина, мкм:						
общая	57,0±2,2	13	4	28,1±0,9	14	3
алеиронового слоя	15,8±0,4	10	2	13,9±0,4	14	3
облитерированного слоя	41,2±2,2	19	5	14,2±0,8	19	6
Рубчик						
Площадь с поверхности, мм ²	0,078±0,002	13	2	0,037±0,001	16	3
Толщина в средней части (в поперечном разрезе), мкм	318,1±6,2	6	2	256,4±1,9	2	1
Толщина палисадной эпидермы, мкм:						
верхней	70,6±0,8	5	1	69,6±0,6	4	1
нижней	41,9±0,7	7	2	40,9±0,6	7	1
Площадь острова трахеид (в поперечном разрезе), мкм ²	10 406±542	17	5	7076±216	10	3
Семядоли						
Толщина эпидермы, мкм:						
с наружной стороны	17,8±0,2	6	1	17,0±0,3	8	2
с внутренней стороны	15,0±0,4	15	3	14,8±0,2	9	1

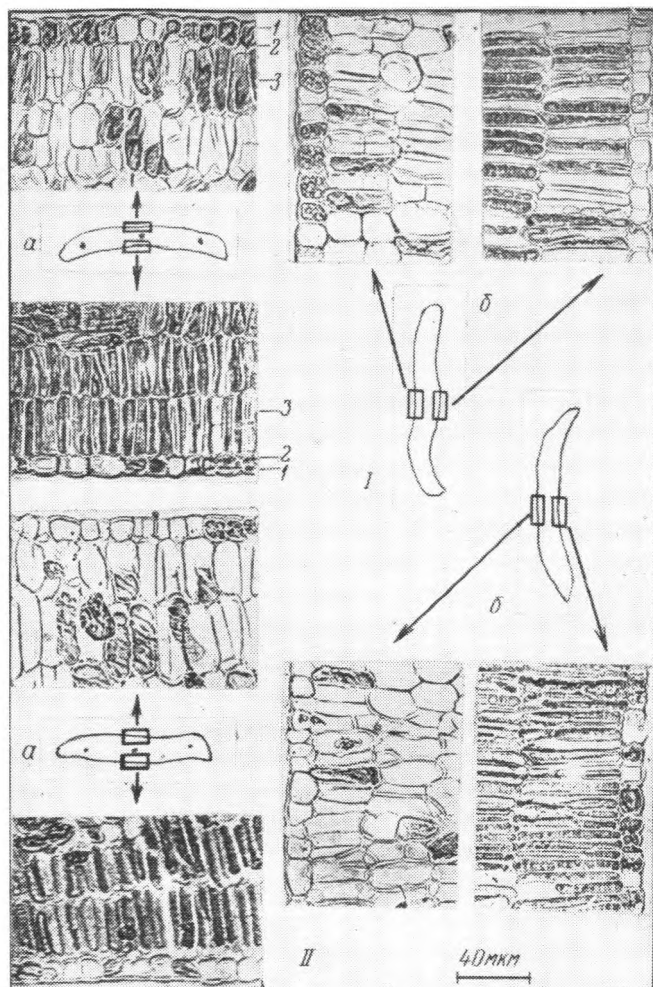


Рис. 7. Семядоли индигоферы членистой (I) и индигоферы красильной (II), ув. 40×7.

a — в поперечном разрезе; б — в продольном разрезе; 1 — кутикула; 2 — эпидерма; 3 — палисадная паренхима.

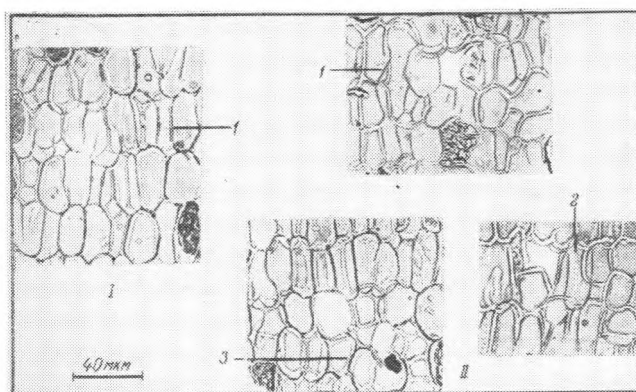


Рис. 8. Запасяющая паренхима семядолей индигоферы членистой (I) и индигоферы красильной (II), ув. 40×7.

1 — кристаллы; 2 — поры (вид сверху); 3 — поры (вид сбоку).

химных клеток, в вакуолях которых имеется гликозид индикан, и тонкий слой облитерированных клеток (рис. 4, 5). Толщина эндосперма с боковой стороны семени — более 750 мкм, а со стороны спинки семени — всего до 57 мкм из-за отсутствия слизистого слоя. По толщине остатков эндосперма с боковой стороны семени виды не различаются.

Со стороны спинки семени толщина остатков эндосперма у индигоферы членистой в 2 раза больше (табл.).

Эпидерма, покрывающая семядоли с наружной стороны, толще, чем с внутренней (табл.). Под эпидермой внутренней стороны семядоли находятся два слоя палисадной паренхимы. Клетки запасяющей паренхимы слегка вытянутой формы (рис. 7). Стенки их пронизаны порами и инкрустированы кристаллами (рис. 8). В запасящей паренхиме расположены проводящие пучки из удлиненных тонких клеток, напоминающих членики ситовидных трубок (рис. 9).

У индигоферы членистой кристаллы в стенках клеток запасяющей паренхимы крупнее, чем у индигоферы красильной. Более существенных различий в структуре семядолей не выявлено.

Необходимо отметить также, что индигофера членистая по коэффициенту вариации всех изучавшихся показателей превосходила индигоферу красильную. Следовательно, структура семени у индигоферы членистой менее стабильна.

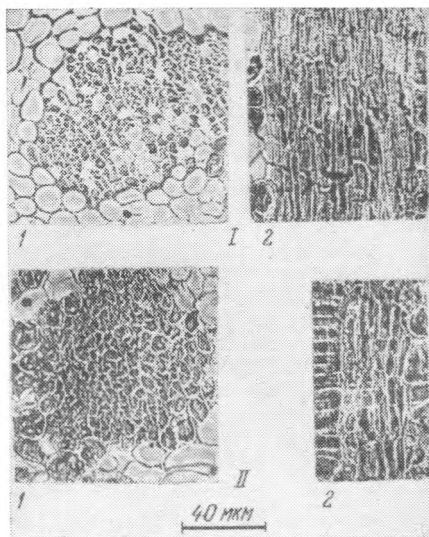


Рис. 9. Проводящие пучки семядолей индигоферы членистой (I) и индигоферы красильной (II).

I — в поперечном разрезе; 2 — в продольном разрезе, ув. 40×7.

Выводы

1. Сравнительный анализ структуры семян показал, что индигофера членистая более приспособлена к аридным местообитаниям, чем индигофера красильная.

2. У индигоферы членистой, как у растения, более приспособленного к аридным условиям, формируется больше твердых семян. Возможно, что указанное различие между видами обусловлено еще и тем, что индигофера красильная дальше отошла от исходного типа и в большей мере утратила способность к образованию твердых семян в связи с более широким ареалом ее возделывания.

3. Слизистый слой остатков эндосперма при соприкосновении с водой очень сильно увеличивается в объеме, что способствует разрыву спермодермы при прорастании семени. Семена обоих видов индигоферы имеют одинаковый размер и одинаковую толщину слизистого слоя, но у индигоферы членистой спермодерма толще. Это может затруднять прорастание ее семян.

4. Индигофера членистая, как растение филогенетически более молодое (многолетняя трава), чем индигофера красильная (кустарник), отличается большей вариацией микроморфологических признаков семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вульф Е. В., Малеева О. Ф. Мировые ресурсы полезных растений. Л., «Наука», 1969. — 2. Мошанов В. И. Новые сорта и перспективные растения для внедрения в производство. В сб.: Парфюмерно-косметическая и эфиромасличная промышленность. Вып. 1, 1976, с. 48—56. — 3. Мошанов В. И. Методические указания по возделыванию хны и басмы. Ялта, ГНБС, 1976. — 4. Пономаренко С. Ф. К методике изготовления микропрепаратов сухих семян. «Бот. журн.», 1974, т. 59, № 4, с. 534—535. — 5. Пономаренко С. Ф. Морфологические особенности се-

мян *Phaseolus vulgaris* (L.) Savi и *Arachis hurogaea* L. из различных участков ареала возделывания. «Изв. АН СССР», сер. биол., 1975, № 1, с. 63—75.— 6. Шишкин Б. К. Род индигофера. Флора СССР. Т. XI, 1945, с. 298—300.— 7. Fawcett W. Flora Jamaica, Vol. IY. L., 1920.— 8. Ir-

vine F. Woody plants of Ghana, L., 1961.— 9. Oliver D. Flora et Tropical Africa. Vol. 11. L., 1871.— 10. Zimmerman K. "Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen", 1937, Bd 127, S. 1—56.

Статья поступила 14 декабря 1978 г.

SUMMARY

The seed structure of two species of *Indigofera*: *I. tinctoria* L. and *I. articulata* Gouan was studied in connection with their introduction and use as crops. On the basis of microscopic studies the data indicating that the structure of *I. articulata* suits better to arid habitats were obtained. *I. articulata* mainly forms hard seeds. Germination of seeds of this species is rather hard because of thick spermoderm. *I. articulata*, as a phylogenetically younger species (perennial herb) than *I. tinctoria* (shrub) shows greater variation of micromorphological characters of seeds.