

ISSN 1029-8940 (Print)
ISSN 2524-230X (Online)
УДК 582.664:581.48
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-4-482-490>

Поступила в редакцию 14.06.2021
Received 14.06.2021

Т. Г. Шлапакова, В. В. Титок

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН РОДА *TURBINICARPUS*

Аннотация. Проведена сравнительная оценка морфологических и морфометрических характеристик семян 43 видов рода *Turbinicarpus* (сем. *Cactaceae*). Исследуемые таксоны были разделены на несколько групп в зависимости от скульптуры семенной кожуры и типа поверхности эпидермальных клеток семенной кожуры (гладкой или морщинистой). Установлены признаки, которые могут быть использованы в качестве диагностических для уточнения систематического положения растений.

Ключевые слова: *Turbinicarpus*, *Cactaceae*, семена, морфометрические характеристики семян, систематика, морфология, семенная кожура

Для цитирования: Шлапакова, Т. Г. Морфологические особенности семян рода *Turbinicarpus* / Т. Г. Шлапакова, В. В. Титок // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биял. навук. – 2021. – Т. 66, № 4. – С. 482–490. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-4-482-490>

Tatsiana G. Shlapakova, Vladimir V. Titok

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SEEDS OF THE GENUS *TURBINICARPUS*

Abstract. In the course of the research, the morphological and morphometric characteristics of the seeds of the leaders of the genus *Turbinicarpus* (family *Cactaceae*) were studied. The studied taxa were divided into several groups depending on the sculpture of the seed coat and the surface of the epidermal cells of the seed coat: the smooth surface of the epidermal cells and the wrinkled surface of the epidermal cells. Identified signs that can be used as diagnostic for establishing the systematic position of plants.

Keywords: *Turbinicarpus*, *Cactaceae*, seeds, morphometric characteristics of seeds, taxonomy, morphology, seed coat

For citation: Shlapakova T. G., Titok V. V. Morphological characteristics of seeds of the genus *Turbinicarpus*. *Vestsi Natsyonal'noi akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2021, vol. 66, no. 4, pp. 482–490 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-4-482-490>

Введение. Представители рода *Turbinicarpus* (Backeb.) Vuxb. et Backeb. в местах своего естественного произрастания находятся под угрозой исчезновения (включены в Приложение 1 СИТЕС), причиной чего является незаконное извлечение данных кактусов из природы, а также влияние изменения почвенного покрова (в частности, из-за чрезмерного выпаса скота). Неблагоприятные последствия нарушения популяции кактусов являются необратимыми, так как считается, что большинство растений имеют ограниченные возможности для восстановления.

Turbinicarpus – это род маленьких и средних кактусов, которые встречаются в Сонорской и Нагорно-Мексиканской провинциях Голарктического царства (северо-восточные регионы Мексики, в частности штаты Сан-Луис-Потоси, Гуанахуато, Нуэво-Леон, Керетаро, Идальго, Коауила, Тамаулипас и Сакатекас) [1, 2].

Морфоструктура семян как единицы растения, имеющей стабильные характеристики, может являться одним из важных для систематики признаков. Так, морфологические признаки семян рода *Turbinicarpus* могут оказаться видоспецифичными, что позволит использовать их для определения семян сомнительного происхождения из внешних источников. В систематике морфологические признаки семян, такие как текстура поверхности, окраска и скульптура семенной кожуры, форма придатка семени, используют как дополнительные диагностические критерии [3].

Важно учитывать не только особенности строения семян, но и влияние хранения на их последующую всхожесть [4].

Для более подробного и глубокого изучения структуры поверхности семени используют исследование методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Данный метод позволяет значительно облегчить систематизацию и классификацию семян [5]. Специфичность поверхности семени при таком детальном ее изучении, размеры и формы семян позволяют различать даже близкородственные растения. В ходе исследований с использованием метода СЭМ удалось распознать 9 отличительных особенностей и 3 типа микрорельефа у представителей рода *Stenocereus* (*Cactaceae*) [6]. Приведенные выше характеристики семян позволят определять виды или группы видов по уникальному сочетанию этих особенностей.

Цель работы – оценка морфологических и морфометрических характеристик семян рода *Turbincarpus* для уточнения систематического положения растений.

Объекты и методы исследования. Растительный материал представлен семенами 43 видов рода *Turbincarpus* (Backbg.) Buxb. & Backbg семейства *Cactaceae* Juss. коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси: *T. schmiedickeanus* subsp. *klinkerianus* (Backeb. & W. Jacobsen) Glass & R. A. Foster, *T. schmiedickeanus* subsp. *klinkerianus* “*lilinkeuiduus*”, *T. lophophoroides* (Werderm.) Buxb. & Backeb., *T. lophophoroides* f. *roseiflorus*, *T. pseudomacrolele* subsp. *lausseri* (Diers & G. Frank) Glass, *T. schmiedickeanus* subsp. *andersonii* Mosco, *T. schmiedickeanus* subsp. *flaviflorus* (G. Frank & A. B. Lau) Glass & R. A. Foster, *T. graminispinus* Matusz., *T. hoferi* Lüthy & A. B. Lau, *T. jauernigii* G. Frank, *T. pseudopectinatus* (Backeb.) Glass & R. A. Foster, *T. pseudopectinatus* v. *albiflorus*, *T. pseudopectinatus* v. *rubriflorus*, *T. valdezius* (Møller) Glass & R. A. Foster, *T. valdezius* v. *albiflorus*, *T. zaragozae* (Glass & R. A. Foster) Glass & Hofer, *T. schmiedickeanus* subsp. *bonatzii* (G. Frank) Panar., *T. schwarzii* (Shurly) Backeb., *T. schwarzii* var. *rubriflorus* Gerhart Frank, *T. spacelatus*, *T. × mombergeri* Riha, *T. gielsdorffianus* (Werderm.) John & Riha, *T. schmiedickeanus* subsp. *gracilis* (Glass & R. A. Foster) Glass., *T. saueri* subsp. *knuthianus* (Boed.) Lüthy, *T. saueri* ssp. *nelissae*, *T. pseudomacrolele* subsp. *minimus* (G. Frank) Lüthy & A. Hofer, *T. pseudomacrolele* subsp. *lausseri* (Diers & G. Frank) Glass, *T. schmiedickeanus* subsp. *macrolele* (Werderm.) N. P. Taylor, *T. macrolele* v. *kupackii*, *T. macrolele* v. *frailensis*, *T. polaskii* Backeb., *T. pseudomacrolele* (Backeb.) Buxb. & Backeb., *T. pseudomacrolele* v. *alenaе*, *T. schmiedickeanus* subsp. *dickisoniae* (Glass & R. A. Foster) N. P. Taylor, *T. swobodaе* Diers & Esteves, *T. saueri* subsp. *ysabelae* (Schlange) Lüthy., *T. saueri* (Boed.) John & Riha, *T. saueri* ssp. *gonzalezii*, *T. beguinii* v. *senilis* f. *nobile*, *T. mandragora* (Fric̆ ex A. Berger) A. D. Zimmerman, *T. alonsoi* Glass & S. Arias, *T. laui* Glass & R. A. Foster, *T. roseiflorus* Backeb.

Описание семян исследуемых таксонов осуществляли с помощью атласов по морфологии высших растений [7]. При характеристике семян рассматривались следующие качественные и количественные признаки: форма и размеры (длина и ширина) семени, окраска, текстура и скульптура поверхности семенной кожуры, масса 100 свежих семян. Исследования методом СЭМ проводили на приборе JSM-5610 LV (Япония), световую микроскопию – на стереомикроскопе Olympus SZX16 (Япония) с камерой Olympus DP73 (Япония), массу семян – на весах Adventurer, измерение параметров – с помощью программы ImageJ (Wayne Rasband, 2007) (рис. 1) [8].

Для оценки сходства морфологии семян использовали следующие 6 признаков: форма семени,

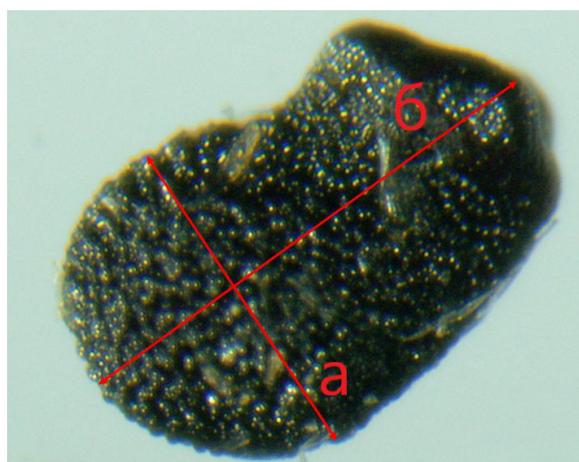


Рис. 1. Обозначенные параметры измерений семян рода *Turbincarpus*: а – длина, б – ширина

Fig. 1. The indicated parameters of measurements of seeds of the genus *Turbincarpus*: а – length, б – width

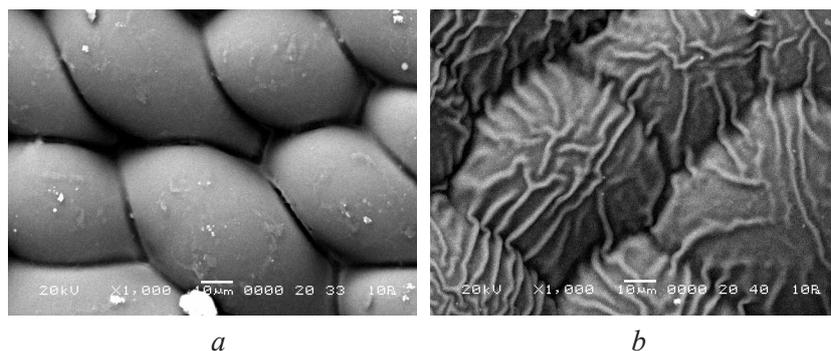


Рис. 2. Типы поверхности эпидермальных клеток семенной кожуры: *a* – гладкая поверхность эпидермальных клеток семян *T. pseudomacroechele* v. *alenae*; *b* – морщинистая поверхность эпидермальных клеток *T. laui*

Fig. 2. Types of the surface of the epidermal cells of the testa: *a* – the smooth surface of the epidermal cells of the seeds of *T. pseudomacroechele* v. *alenae*; *b* – wrinkled surface of *T. laui* epidermal cells

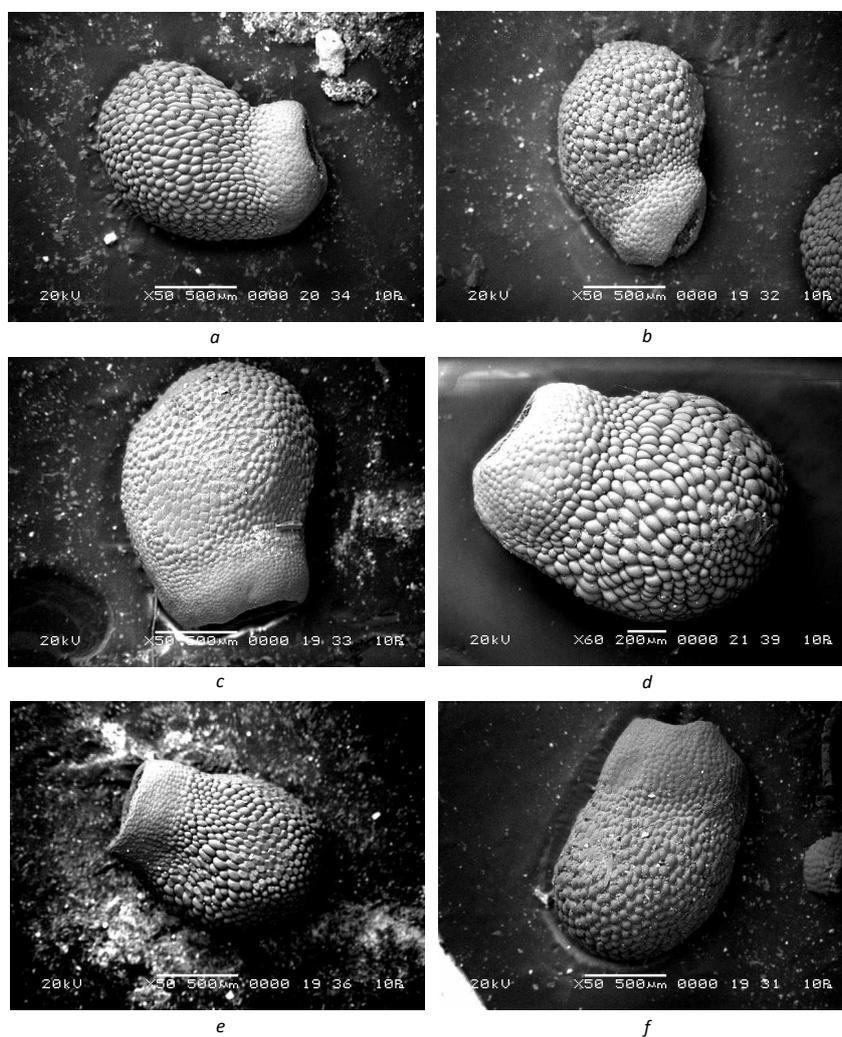


Рис. 3. Семена *Turbinicarpus* с гладкой поверхностью эпидермальных клеток семян: *a* – *T. spacellatus*, *b* – *T. pseudomacroechele* subsp. *krainzianus* v. *lausseri*, *c* – *T. pseudomacroechele*, *d* – *T. pseudomacroechele* subsp. *lausseri*, *e* – *T. pseudomacroechele* v. *alenae*, *f* – *T. pseudomacroechele* subsp. *minimus*

Fig. 3. Seeds of *Turbinicarpus* with a smooth surface of seed epidermal cells: *a* – *T. spacellatus*, *b* – *T. pseudomacroechele* subsp. *krainzianus* v. *lausseri*, *c* – *T. pseudomacroechele*, *d* – *T. pseudomacroechele* subsp. *lausseri*, *e* – *T. pseudomacroechele* v. *alenae*, *f* – *T. pseudomacroechele* subsp. *minimus*

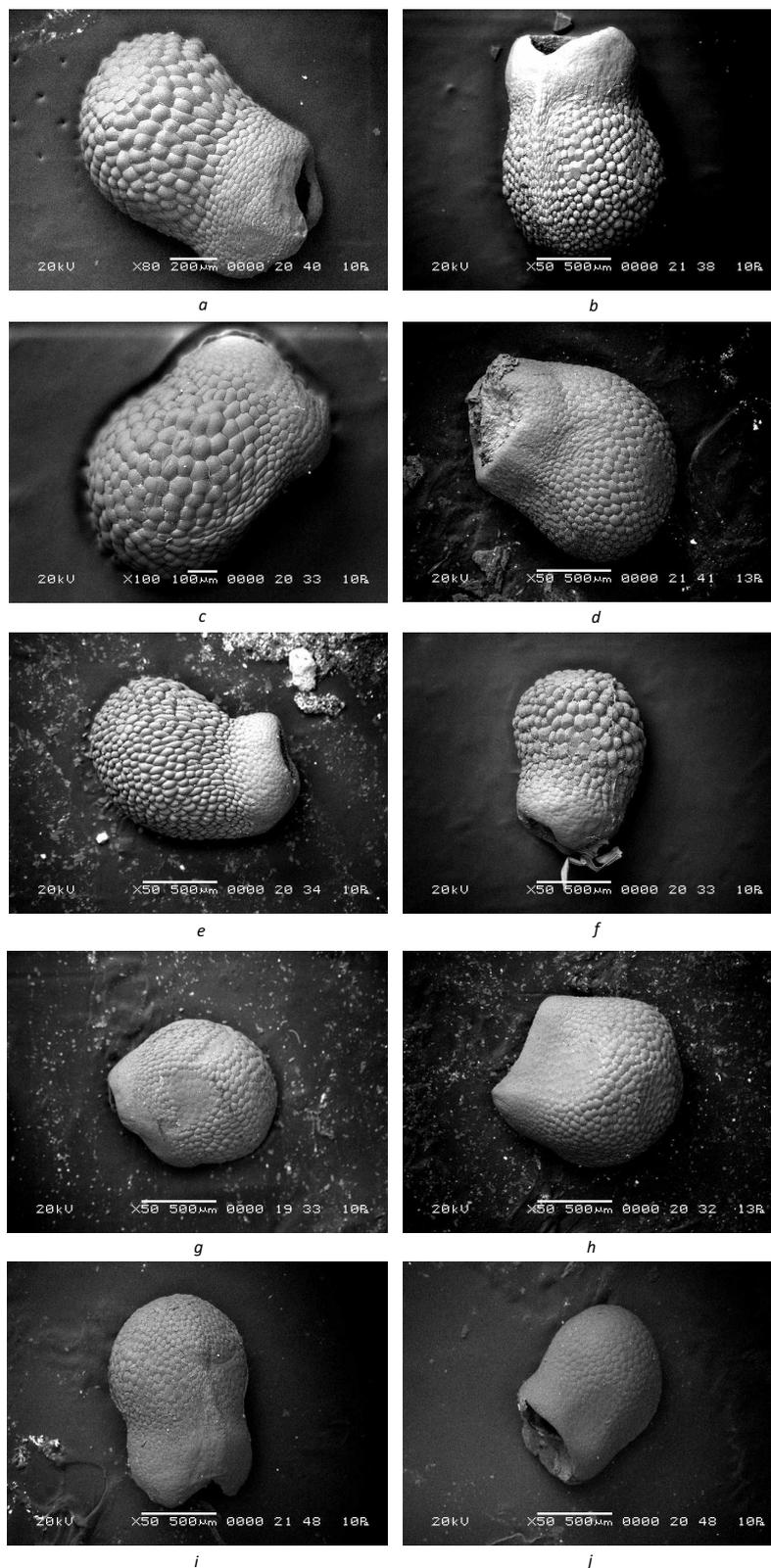


Рис. 4. Семена *Turbinicarpus* с морщинистой поверхностью эпидермальных клеток семян: *a* – *T. alonsoi*, *b* – *T. saueri* ssp. *gonzalezii*, *c* – *T. hoferi*, *d* – *T. pseudopectinatus*, *e* – *T. spacellatus*, *f* – *T. jauernigii*, *g* – *T. schwarzii* var. *rubriflorus*, *h* – *T. macrochele* v. *kupackii*, *i* – *T. polaskii*, *j* – *T. schwarzii*

Fig. 4. Seeds of *Turbinicarpus* with a wrinkled surface of seed epidermal cells: *a* – *T. alonsoi*, *b* – *T. saueri* ssp. *gonzalezii*, *c* – *T. hoferi*, *d* – *T. pseudopectinatus*, *e* – *T. spacellatus*, *f* – *T. jauernigii*, *g* – *T. schwarzii* var. *rubriflorus*, *h* – *T. macrochele* v. *kupackii*, *i* – *T. polaskii*, *j* – *T. schwarzii*

длина, ширина, цвет, тип поверхности, масса. Построение матрицы чисел и дендрограмм выполняли с помощью свободной программной среды вычислений с открытым исходным кодом R (Окленд, 1993) методом минимума дисперсии Уорда (Ward). В качестве расстояний между объектами при формировании кластеров использовали евклидово расстояние. Все анализы выполняли в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы Microsoft Office Excel 2007. Значения статистически значимо различались при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Сравнительный морфологический анализ семян с использованием СЭМ позволил разделить исследуемые таксоны на несколько групп в зависимости от скульптуры семенной кожуры и поверхности эпидермальных клеток семенной кожуры (ГПЭЖ – гладкая поверхность эпидермальных клеток, МПЭЖ – морщинистая поверхность эпидермальных клеток) (рис. 2–4). На рис. 2 представлены типы поверхности эпидермальных клеток семенной кожуры семян двух видов рода *Turbinicarpus*.

Данные СЭМ позволили описать морфологические характеристики семян исследуемого рода и выявить закономерности, которые можно использовать как систематические признаки (табл. 1, 2).

Т а б л и ц а 1. Морфометрические характеристики семян видов *Turbinicarpus* с гладкой поверхностью эпидермальных клеток

Table 1. Morphometric characteristics of seeds of *Turbinicarpus* with a smooth surface of epidermal cells

Вид	Форма	Длина, мм	Ширина, мм	Цвет семенной кожуры	Тип поверхности	Масса свежих 100 семян, мг
<i>T. pseudomacrochele</i>	Шаровидно-усеченная, загнутая	1,44 ± 0,08	1,13 ± 0,11	Блестяще-черный	Пупырчатая	79,0
<i>T. pseudomacrochele</i> v. <i>alenae</i>	Шаровидно-усеченная, загнутая	1,46 ± 0,13	1,14 ± 0,09		Пупырчатая	77,3
<i>T. pseudomacrochele</i> subsp. <i>lausseri</i>	Продолговато-овальная, загнутая	1,54 ± 0,12	1,17 ± 0,09		Бугорчатая	78,0
<i>T. pseudomacrochele</i> subsp. <i>minimus</i>	Продолговато-овальная, втянутая	1,52 ± 0,11	1,07 ± 0,06		Пупырчатая	76,0
<i>T. spacellatus</i>	Продолговато-овальная, загнутая	1,45 ± 0,06	0,95 ± 0,07		Пупырчатая	53,1
<i>T. pseudomacrochele</i> subsp. <i>krainzianus</i> v. <i>lausseri</i>	Продолговато-овальная, втянутая	1,45 ± 0,07	1,12 ± 0,07		Пупырчатая	86,9
НСР _{0,05}	–	0,08	0,03	–	–	0,01

Т а б л и ц а 2. Морфометрические характеристики семян видов *Turbinicarpus* с морщинистой поверхностью эпидермальных клеток

Table 2. Morphometric characteristics of seeds of *Turbinicarpus* with a wrinkled surface of epidermal cells

Вид	Форма	Длина, мм	Ширина, мм	Цвет семенной кожуры	Тип поверхности	Масса свежих 100 семян, мг
<i>T. alonsoi</i>	Продолговато-овальная, кувшинообразная	1,11 ± 0,14	0,68 ± 0,06	Блестяще-черный	Бородавчатая	26,8
<i>T. beguinii</i> v. <i>senilis</i> f. <i>Nobile</i>	Шаровидно-усеченная	1,32 ± 0,07	1,38 ± 0,15	Матово-черный	Бородавчатая	128,0
<i>T. gielsdorffianus</i>	Продолговато-овальная, втянутая	1,36 ± 0,09	0,86 ± 0,07	Матово-черный	Бородавчатая	43,1
<i>T. graminispinus</i>	Шаровидно-усеченная	1,14 ± 0,05	0,99 ± 0,04	Блестяще-черный	Пупырчатая	58,0
<i>T. hoferi</i>	Шаровидно-усеченная	0,93 ± 0,08	0,76 ± 0,04	Блестящий темно-рыжий	Пупырчатая	29,1

Продолжение табл. 2

Вид	Форма	Длина, мм	Ширина, мм	Цвет семенной кожуры	Тип поверхности	Масса свежих 100 семян, мг
<i>T. jauernigii</i>	Продолговато-овальная	1,35 ± 0,12	0,95 ± 0,03	Матово-черный	Пупырчатая	55,0
<i>T. laui</i>	Продолговато-овальная	1,44 ± 0,13	1,15 ± 0,09	Блестяще-черный	Бугорчатая	91,5
<i>T. lophophoroides</i>	Шаровидно-усеченная	1,41 ± 0,05	1,12 ± 0,06	Блестяще-черный	Пупырчатая	72,5
<i>T. lophophoroides f. roseiflorus</i>	Продолговато-овальная, усеченная	1,10 ± 0,12	0,92 ± 0,06	Блестяще-черный	Слабобугорчатая	43,0
<i>T. mandragora</i>	Шаровидно-усеченная	1,39 ± 0,12	1,25 ± 0,11	Матово-черный	Пупырчатая	103,0
<i>T. × tombergeri</i>	Шаровидно-усеченная	1,38 ± 0,13	1,24 ± 0,08	Матово-черный	Бугорчатая	73,1
<i>T. polaskii</i>	Шаровидно-усеченная	1,09 ± 0,09	1,06 ± 0,06	Матово-черный	Бугорчатая	49,2
<i>T. pseudopectinatus</i>	Шаровидная	1,48 ± 0,13	1,38 ± 0,07	Матово-черный	Пупырчатая	92,0
<i>T. pseudopectinatus v. albiflorus</i>	Шаровидно-усеченная	0,98 ± 0,06	0,82 ± 0,11	Матово-черный	Бугорчатая	25,5
<i>T. pseudopectinatus v. rubriflorus</i>	Шаровидно-вытянутая	1,39 ± 0,13	1,21 ± 0,15	Матово-черный	Пупырчатая	94,0
<i>T. roseiflorus</i>	Шаровидно-вытянутая, усеченная	1,14 ± 0,07	0,96 ± 0,06	Матово-черный	Бугорчатая	42,0
<i>T. saueri</i>	Продолговато-овальная, втянутая	1,23 ± 0,07	0,88 ± 0,05	Блестяще-черный	Бугорчатая	38,5
<i>T. saueri ssp. gonzalezii</i>	Продолговато-овальная	1,56 ± 0,9	1,23 ± 0,08	Матово-черный	Пупырчатая	112,0
<i>T. saueri subsp. knuthianus</i>	Шаровидно-усеченная	1,29 ± 0,12	1,21 ± 0,14	Блестяще-черный	Бородавчатая	95,0
<i>T. saueri ssp. nelissae</i>	Продолговато-овальная, загнутая	1,30 ± 0,13	1,06 ± 0,12	Блестяще-черный	Бугорчатая	68,0
<i>T. saueri subsp. ysabelae</i>	Продолговато-овальная	1,35 ± 0,08	1,08 ± 0,08	Матово-черный	Пупырчатая	76,9
<i>T. schmedickeanus subsp. andersonii</i>	Продолговато-овальная	1,25 ± 0,11	1,08 ± 0,08	Матово-черный	Бугорчатая	66,0
<i>T. schmedickeanus subsp. bonatzii</i>	Шаровидно-усеченная	1,21 ± 0,07	0,98 ± 0,05	Матово-черный	Бородавчатая	62,0
<i>T. schmedickeanus subsp. dickisoniae</i>	Шаровидно-усеченная, загнутая	1,08 ± 0,09	0,86 ± 0,06	Матово-черный	Бугорчатая	35,4
<i>T. schmedickeanus subsp. flaviflorus</i>	Продолговато-овальная, втянутая	1,14 ± 0,11	0,79 ± 0,08	Матово-черный	Бородавчатая	44,5
<i>T. schmedickeanus subsp. gracilis</i>	Продолговато-овальная, усеченная	1,19 ± 0,03	0,95 ± 0,06	Матово-черный	Бугорчатая	36,9
<i>T. schmedickeanus subsp. klinkerianus</i>	Продолговато-овальная, кувшинообразная	1,08 ± 0,09	0,92 ± 0,10	Матово-черный	Бугорчатая	55,3
<i>T. schmedickeanus subsp. klinkerianus "lilinkeuidus"</i>	Шаровидно-усеченная	1,03 ± 0,06	0,90 ± 0,04	Матово-черный	Пупырчатая	37,7
<i>T. schmedickeanus subsp. macrochele</i>	Шаровидно-усеченная, загнутая	1,24 ± 0,09	1,15 ± 0,07	Матово-черный	Бугорчатая	59,2
<i>T. schmedickeanus subsp. macrochele v. frailensis</i>	Шаровидно-усеченная	1,39 ± 0,10	1,11 ± 0,07	Блестяще-черный	Бугорчатая	86,2
<i>T. schmedickeanus subsp. macrochele v. kupackii</i>	Продолговато-овальная	1,28 ± 0,11	1,08 ± 0,11	Матово-черный	Бугорчатая	69,4

Окончание табл. 2

Вид	Форма	Длина, мм	Ширина, мм	Цвет семенной кожуры	Тип поверхности	Масса свежих 100 семян, мг
<i>T. schwarzii</i>	Шаровидно-усеченная	1,04 ± 0,07	0,98 ± 0,07	Матово-черный	Слабобугорчатая	40,0
<i>T. schwarzii</i> var. <i>rubriflorus</i>	Шаровидно-усеченная	1,10 ± 0,09	1,03 ± 0,09	Матово-черный	Слабобугорчатая	44,2
<i>T. swobodae</i>	Продолговато-овальная	1,35 ± 0,12	0,98 ± 0,06	Матово-черный	Бугорчатая	47,5
<i>T. valdezianus</i>	Шаровидно-усеченная	1,36 ± 0,11	1,16 ± 0,08	Матово-черный	Пупырчатая	75,5
<i>T. valdezianus</i> v. <i>albiflorus</i>	Шаровидно-усеченная, удлиненная	1,31 ± 0,11	1,09 ± 0,13	Матово-черный	Пупырчатая	72,0
<i>T. zaragozae</i>	Шаровидно-усеченная, загнутая	1,35 ± 0,15	1,27 ± 0,13	Матово-черный	Пупырчатая	107,0
НСР _{0,05}	–	0,03	0,03	–	–	1,06

Проведенное исследование показало, что наиболее варибельными морфологическими признаками семян изученных видов семян рода *Turbinicarpus* являются: поверхность семенной кожуры и эпидермальных клеток семенной кожуры (рис. 5).

Основной объем группы ГПЭК составляют подвиды и сорта вида *T. pseudomacrolele*, за исключением *T. spacellatus*, который имеет наименьшую массу 100 свежих семян в данной группе – 53,1 мг. Наибольшая же масса у семян *T. pseudomacrolele* subsp. *krainzianus* v. *lausseri* – 86,9 мг. Различаются и размеры семян в данной группе: максимальная длина семени – у *T. pseudomacrolele* subsp. *lausseri* (1,53 ± 0,12 мм), минимальная – у *T. pseudomacrolele* (1,44 ± 0,08 мм); максимальная ширина – у *T. pseudomacrolele* subsp. *lausseri* (1,17 ± 0,09 мм), минимальная – у *T. spacellatus* (0,95 ± 0,07 мм). Таким образом, *T. pseudomacrolele* subsp. *lausseri* имеет самые крупные семена в группе ГПЭК. Все растения этой группы имеют пупырчатую поверхность, кроме *T. pseudomacrolele* subsp. *lausseri*, поверхность которого бугорчатая.

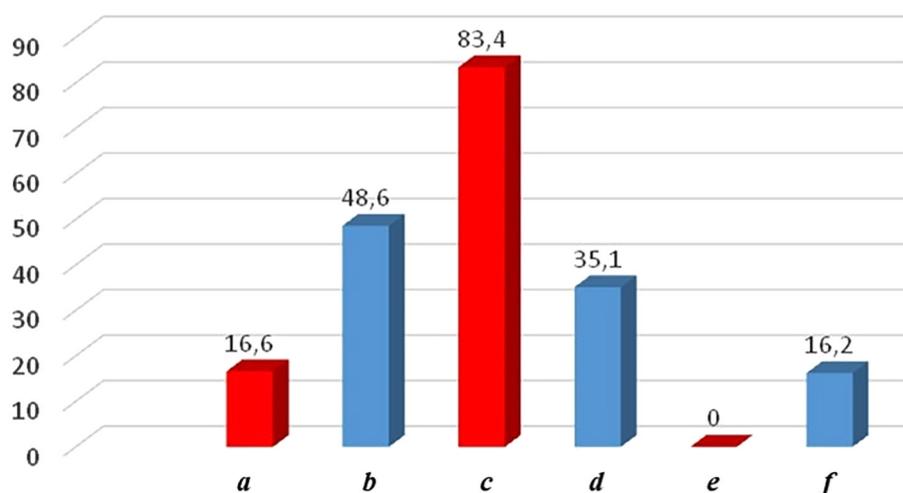


Рис. 5. Частота встречаемости морфологических признаков семян исследуемого рода: по горизонтали – виды и морфологические признаки семян, по вертикали – частота встречаемости признака, %.

Поверхность эпидермальных клеток семян: a, c, e – гладкая; b, d, f – морщинистая;
a, b – бугорчатая; c, d – пупырчатая; e, f – бородавчатая

Fig. 5. Frequency of occurrence of morphological traits of seeds of the studied genus: horizontally – species and morphological traits of seeds, vertically – frequency of occurrence of a trait, %.
Surface of epidermal cells: a, c, e – smooth; b, d, f – wrinkled; a, b – tuberous; c, d – pimply; e, f – warty

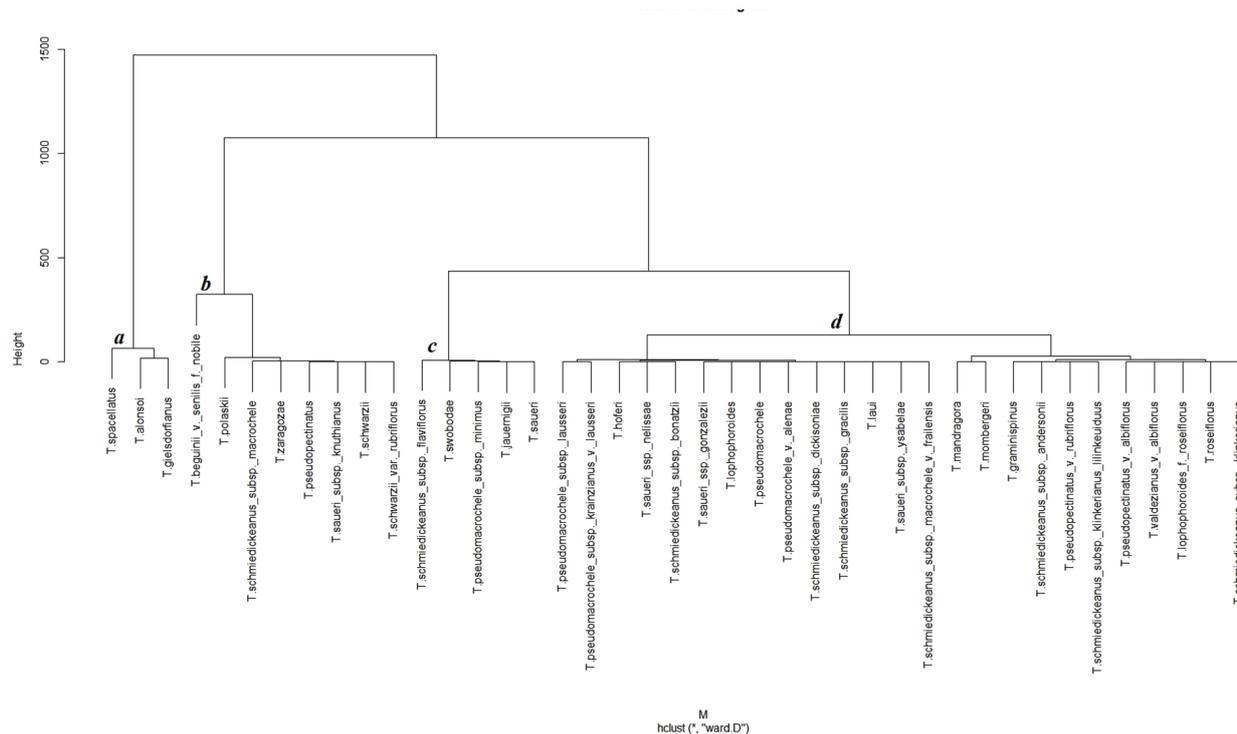


Рис. 6. Дендрограмма, показывающая кластеризацию видов *Turbinicarpus* на основе 6 признаков. Буквами *a, b, c, d* обозначены основные группы

Fig. 6. Dendrogram showing clustering species of *Turbinicarpus* based on 6 traits. The letters *a, b, c, d* designate the main groups

Среди исследуемых растений группы МПЭК наименьшую массу 100 свежих семян имеет *T. alonsoi* (26,8 мг), наибольшую – *T. beguinii v. senilis f. nobile* (128,0 мг). Максимальная длина семени зафиксирована у *T. saueri ssp. gonzalezii* ($1,56 \pm 0,09$ мм), минимальная – у *T. hoferi* ($0,93 \pm 0,08$ мм). Максимальную ширину семени имеет *T. pseudopectinatus* ($1,38 \pm 0,07$ мм), минимальную – *T. alonsoi* ($0,68 \pm 0,06$ мм). *T. alonsoi* можно считать растением с самыми мелкими семенами не только в группе МПЭК, но и среди всех изученных растений.

Форма семени у растений группы ГПЭК продолговато-овальная либо шаровидно-усеченная. Семенная кожура блестящая, черного цвета. В группе МПЭК встречаются различные вариации шаровидной и овальной форм (продолговатые, усеченные, кувшинообразные, вытянутые, загнутые и удлиненные). Преобладают виды с бугорчатой поверхностью семенной кожуры (48,6 % от общего количества в группе МПЭК), пупырчатая поверхность семенной кожуры встречается чуть реже (35,1 %), а наиболее редкая – бородавчатая поверхность (16,2 %).

Дендрограмма разделена на 4 основных кластера (рис. 6). Первый кластер (*a*) включает 3 вида; второй (*b*) – 9, разделенных на две подгруппы; третий (*c*) – 6; самый многочисленный четвертый (*d*) – 27 видов, также разделенных на две подгруппы по 14 и 13 видов. Последующие генетические исследования позволят более точно определить филогенетические связи внутри рода [9, 10].

Для семян исследуемых растений характерен черный цвет семенной кожуры, за исключением *T. hoferi*, семена которого имеют темно-рыжий цвет. Исходя из анализа полученных размеров семян *Turbinicarpus*, можно сделать вывод о том, что размеры (в данном случае ширина, длина и масса) существенно отличаются, поэтому данный показатель является систематическим признаком.

Заключение. Изученные морфометрические признаки семян рода *Turbinicarpus* могут быть использованы в качестве диагностических для установления систематического положения растений, полученных из спорных источников. Для определения таксонов по семенам необходимо использовать весь комплекс морфометрических признаков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тахтаджян, А. Л. Флористические области Земли / А. Л. Тахтаджян. – Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. – 247 с.
2. Шлапакова, Т. Г. Род *Turbincarpus* (Backeb.) Buxb. et Backeb.) в коллекции Центрального ботанического сада / Т. Г. Шлапакова // Ботанические чтения : материалы междунар. науч. конф. (Беларусь, Брест, 25 февр. 2021 г.) / ред. : В. И. Бойко, Н. В. Шкуратова, М. В. Левковская. – Брест, 2021. – С. 107–110.
3. Чичканова, Е. С. Применение морфологических признаков семян и плодов в систематике рода *Rebutia* (Cactaceae) / Е. С. Чичканова // Систем. заметки по материалам Гербария им. П. Н. Крылова Том. гос. ун-та. – 2015. – № 112. – С. 46–59.
4. Гайдаржи, М. Н. Суккулентные растения (анатомо-морфологические особенности, распространение и использование) : учеб. пособие / М. Н. Гайдаржи, В. В. Никитина, К. Н. Баглай. – Киев : Киев. ун-т, 2011. – 176 с.
5. Grilli Caiola, M. Seed structure in *Crocus sativus* L. × *C. cartwrightianus* Herb., *C. thomasi* Ten., and *C. hadriaticus* Herb. at SEM / M. Grilli Caiola, D. Leonardi, A. Canini // Plant Syst. Evol. – 2010. – Vol. 285, N 1–2. – P. 111–120. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0261-x>
6. The systematic significance of seed morphology in *Stenocereus* (Cactaceae) / G. Arroyo-Cosultchi [et al.] // Taxon. – 2006. – Vol. 55, N 4. – P. 983–992. <https://doi.org/10.2307/25065693>
7. Артюшенко, З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Семя / З. Т. Артюшенко. – Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. – 202 с.
8. Arias, S. Seed morphology and variation in the genus *Pachycereus* (Cactaceae) / S. Arias, T. Terrazas // J. Plant Res. – 2004. – Vol. 117, N 4. – P. 277–289. <https://doi.org/10.1007/s10265-004-0156-4>
9. Molecular phylogeny, origin and taxonomic implications of the tribe Cacteeae (Cactaceae) / M. Vázquez-Sánchez [et al.] // System. Biodivers. – 2013. – Vol. 11, N 1. – P. 103–116. <https://doi.org/10.1080/14772000.2013.775191>
10. Polyphyly of the iconic cactus genus *Turbincarpus* (Cactaceae) and its generic circumscription / M. Vázquez-Sánchez [et al.] // Bot. J. Lin. Soc. – 2019. – Vol. 190, N 4. – P. 405–420. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz027>

References

1. Takhtadzhyan A. L. *The floristic regions of the world*. Leningrad, Nauka. Lenigradskoe otdelenie Publ., 1978. 247 p. (in Russian).
2. Shlapakova T. G. Genus *Turbincarpus* (Backeb.) Buxb. et Backeb.) in the collection of the Central Botanical Garden. *Botanicheskie chteniya: sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Brest, 25 fevralya 2021 goda)* [Botanical readings: collection of materials of the International scientific conference (Brest, February 25, 2021)]. Brest, 2021, pp. 107–110 (in Russian).
3. Chichkanova E. S. Application of morphological traits of seeds and fruits in the taxonomy of the genus *Rebutia* (Cactaceae). *Sistemicheskie zametki po materialam Gerbariya im. P. N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Systematic notes on the materials of the Herbarium P. N. Krylov, Tomsk State University], 2015, no. 112, pp. 46–59 (in Russian).
4. Gaidarzhi M. N., Nikitina V. V., Baglai K. N. *Succulent plants (anatomical and morphological features, distribution and use) : a tutorial*. Kiev, Kiev University Publ., 2011. 176 p. (in Russian).
5. Grilli Caiola M., Leonardi D., Canini A. Seed structure in *Crocus sativus* L. × *C. cartwrightianus* Herb., *C. thomasi* Ten., and *C. hadriaticus* Herb. at SEM. *Plant Systematics and Evolution*, 2010, vol. 285, no. 1–2, pp. 111–120. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0261-x>
6. Arroyo-Cosultchi G., Terrazas T., Arias S., Arreola-Nava H. J. The systematic significance of seed morphology in *Stenocereus* (Cactaceae). *Taxon*, 2006, vol. 55, no. 4, pp. 983–992. <https://doi.org/10.2307/25065693>
7. Artyushenko Z. T., Fedorov A. A., Kirpichnikov M. E. *Atlas of descriptive morphology of higher plants. Seed*. Leningrad, Nauka. Lenigradskoe otdelenie Publ., 1990. 202 p. (in Russian).
8. Arias S., Terrazas T. Seed morphology and variation in the genus *Pachycereus* (Cactaceae). *Journal of Plant Research*, 2004, vol. 117, no. 4, pp. 277–289. <https://doi.org/10.1007/s10265-004-0156-4>
9. Vázquez-Sánchez M., Terrazas T., Arias S., Ochoterena H. Molecular phylogeny, origin and taxonomic implications of the tribe Cacteeae (Cactaceae). *Systematics and Biodiversity*, 2013, vol. 11, no. 1, pp. 103–116. <https://doi.org/10.1080/14772000.2013.775191>
10. Vázquez-Sánchez M., Sánchez D., Terrazas T., De la Rosa-Tilapa A. Polyphyly of the iconic cactus genus *Turbincarpus* (Cactaceae) and its generic circumscription. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2019, vol. 190, no. 4, pp. 405–420. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz027>

Информация об авторах

Шлапакова Татьяна Геннадьевна – мл. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, Минск, Республика Беларусь). E-mail: T.Shlapakova@cbg.org.by

Титок Владимир Владимирович – член-корреспондент, д-р биол. наук, доцент, директор. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: V.Titok@cbg.org.by

Information about the authors

Tatsiana G. Shlapakova – Junior Researcher. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: T.Shlapakova@cbg.org.by

Vladimir V. Titok – Corresponding Member, D. Sc. (Biol.), Associate Professor, Director. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: V.Titok@cbg.org.by