

# БОТАНИКА

## К ВОПРОСУ О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ РАЗМЕРОМ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН И ПЛОИДНОСТЬЮ У *GALIUM SECT. PLATYGALIUM*

И.А. Шанцер<sup>1</sup>, А.М. Элькорди<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН  
Ботаническая ул., 4, Москва, Россия, 127276

<sup>2</sup>Кафедра ботаники, физиологии растений и агробиотехнологии  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В статье приводятся данные измерений пыльцевых зерен видов *Galium sect. Platygaliium* у диплоидов ( $2n = 2x = 22$ , *G. boreale*, *G. valantioides*, *G. broterianum*), тетраплоидов ( $2n = 4x = 44$ , *G. boreale*), гексаплоидов ( $2n = 6x = 66$ , *G. boreale*), додекаплоидов ( $2n = 12x = 132$ , *G. rubioides*), а также видов и подвидов, относящихся к группе *Platygaliium*. Установлено наличие положительной корреляции между размером пыльцевых зерен и плоидностью у диплоидов *G. boreale* ( $P = 16,68$  мкм,  $E = 15,76$  мкм), *G. valantioides* ( $P = 15,82$  мкм,  $E = 14,69$  мкм), *G. broterianum* ( $P = 15,94$  мкм,  $E = 14,97$  мкм), тетраплоидов *G. boreale* ( $P = 17,15$  мкм,  $E = 17,21$  мкм), гексаплоидов *G. boreale* ( $P = 18,83$  мкм,  $E = 18,80$  мкм) и додекаплоидов *G. rubioides* ( $P = 20,87$  мкм,  $E = 21,63$  мкм). В результате выявлена статистически значимая корреляция между средним диаметром пыльцы и уровнем плоидности.

**Ключевые слова:** Rubiaceae, *Galium*, *Platygaliium*, плоидность, пыльца, корреляция.

**Введение.** *Galium boreale* L. принадлежит к группе видов, широко распространенных в умеренной зоне Северного полушария. Группа включает в себя редко встречающиеся диплоиды ( $2n = 2x = 22$ ), тетраплоиды ( $2n = 4x = 44$ ), гексаплоиды ( $2n = 6x = 66$ ) и представителей с более высокой плоидностью ( $12x$ ). Тетра- и гексаплоидные цитотипы распространены по всей Европе, также сообщалось о наличии додекаплоидов ( $12x$ ) у *G. rubioides* L. В Евразии встречается много промежуточных морфотипов между *Galium boreale* и *G. rubioides*, статус которых остается неопределенным в связи с отсутствием подробных цитотаксономических анализов [7].

Существует множество доказательств того, что палинологические признаки имеют важное систематическое значение для семейства Мареновые [5; 6].

Впервые данные о характере пыльцы были использованы для реконструкции филогении семейства Бремкампом [2]. Более поздние исследования, касающиеся

систематики семейства, часто включают в себя морфологические особенности пыльцы, подтверждая или опровергая гипотезы о той или иной систематической принадлежности вида [3; 10; 11; 16].

Данные о морфологических особенностях пыльцы оказались особенно информативными в пояснении эволюционных отношений внутри семейства Мареновые [4].

Изучив шесть родов Rubieae, встречающихся в северо-западной Европе — *Asperula*, *Crucianella*, *Cruciata*, *Galium*, *Rubia* и *Sherardia*, Хьюйсманс с соавторами [8] отметили, что большинство родов трибы имеют схожий характер пыльцы. Исходя из этого авторы предположили, что виды сравнительно недавно отделились от общего предка и тем самым сохранили принципиальное сходство в структуре пыльцы. Они пришли к выводу об уникальности трибы Rubieae в семействе Rubiaceae, поскольку триба имеет уникальную комбинацию следующих признаков пыльцы: несколько борозчатых пор, перфорированный и морщинистый тектум, относительно небольшой размер, отсутствие эндопор, столбчатый слой экзины, располагающийся ниже наружных борозд, а также отсутствие орбикул.

У большинства родов размер пыльцевых зерен положительно коррелирует с числом хромосом и/или уровнем пloidности [9].

Шанцер и Эрендорфер [15] подтвердили гипотезу о взаимосвязи между диаметром пыльцы и уровнем пloidности растений *Galium sect. Orientigalium*.

**Материалы и методы.** Из гербарных образцов было отобрано от 3 до 10 экземпляров каждого из изучаемых видов. Происхождение, идентификатор/номер документа, а также число хромосом изучаемых видов представлены в табл. 1. Все исследования проводились на пыльцевых зернах, подвергнутых ацетолизу, согласно методики [12; 13].

Таблица 1

**Список образцов, использованных для измерений диаметра пыльцевых зерен *Galium L.* с помощью светового микроскопа**

Обозначение	Вид	Образец
val_2x	<i>G. valantioides</i> (2n = 2x = 22)	227258 (W)
val_2x	<i>G. valantioides</i> (2n = 2x = 22)	227219 (W)
val_2x	<i>G. valantioides</i> (2n = 2x = 22)	227420 (W)
val_2x	<i>G. valantioides</i> (2n = 2x = 22)	221664 (W)
val_2x	<i>G. valantioides</i> (2n = 2x = 22)	Запад Кавказа: Гульрипш, долина fluminis Amtkel haud procul a confluvio fluminis Kodora, Vasak. V no 01363 (W)
bro_2x	<i>G. broterianum</i> (2n = 2x = 22)	Португалия, пров. Бейра, 8238 (W)
bro_2x	<i>G. broterianum</i> (2n = 2x = 22)	Португалия, F. Ehrendorfer no. 1988—4156 (W)
bro_2x	<i>G. broterianum</i> (2n = 2x = 22)	233168 (W)
bro_2x	<i>G. broterianum</i> (2n = 2x = 22)	Испания, Авила, горные гряды Эспина, река Тормес. E. Gros no. 2003—07257 (W)
bor_2x	<i>G. boreale</i> (2n = 2x = 22)	Монголия, озеро Хубсугул, Сahnch, Bajan gol. Murin, Haberova, Zamsran (SV).
bor_2x	<i>G. boreale</i> (2n = 2x = 22)	Монголия, озеро Хубсугул, Сahnch, Bajan gol. Murin, Haberova, Zamsran (SV)

Обозначение	Вид	Образец
bor_2x	<i>G. boreale</i> (2n = 2x = 22)	Монголия, озеро Хубсугул, Сahnch, Bajan gol. Murin, Haberoва, Zamsran (SV)
bor_4x	<i>G. boreale</i> (2n = 4x = 44)(Krendl F.)	Норвегия: Акерхсус, Ski, south ends of Gjetsdon, F. Krendl no. 1988—4123
bor_4x	<i>G. boreale</i> (2n=4x=44) (Krendl F.)	Швеция: sotermanland: Botkyrka. Tullinge, F. Krendl no. 1988—4123
bor_4x	<i>G. boreale</i> (2n = 4x = 44)(Krendl F.)	Italy, Cogne Valley SW Osta, A. Polatschnek no. 1992-00051 (W)
bor_4x	<i>G. boreale</i> (2n = 4x = 44) (Krendl F.)	Bulgaria, W Rhodopen, Rakovo dere, 24° 8' 25" E, 41° 50' 18" N; F. krendl no. 2009-15959 (W)
bor_6x	<i>G. boreale</i> (2n = 6x = 66) (Krendl F.)	Yugoslavia, Montenegro, S. Zabljak, A. Polatschnek no. 11743 (W)
bor_6x	<i>G. boreale</i> (2n = 6x = 66) (Krendl F.)	Romania, northern edge of papoic, N. Zagon, 26° 8' E, 45° 47' N; F. krendl no. 2000-02010 (W)
bor_6x	<i>G. boreale</i> (2n = 6x = 66) (Krendl F.)	Germany: Dessau, F. krendl no. 1988-4143 (W)
bor_6x	<i>G. boreale</i> (2n = 6x = 66) (Krendl F.)	Sweden: Skane, Hardeberga F. krendl no. 1988—4141 (W)
bor2	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Калужская область, Козельский район, 54° 11' С.Ш, 35° 58' В.Я. В. Косенко, М.Д. Логачева, С.С. Панкова, С.В. Полевава, Н.М. Решетникова, Е.О. Королькова (МНА)
bor6	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Калужская область, Боровский район, Т. Рябова и А. Кураков (МНА)
bor9	<i>G. boreale</i> (Европейская часть Р. Ф)	Брянская область, район Стародубский севернее г. Стародуба, Д. Алексеев и В. Макаров (МНА)
bor10	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Калужская область, Мещовский район, Н.М. Решетникова (МНА)
bor11	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Смоленская область, Хиславичиский район, Долина р. Сож., Н.М. Решетникова, В.И. Золотов и И.А. Шанцер (МНА)
bor13	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Калужская область, Козельский район, 54° 11' С.Ш, 35° 58', Я.В. Косенко, М.Д. Логачева, С.С. Панкова, С.В. Полевава, Н.М. Решетникова, Е.О. Королькова (МНА)
bor22	<i>G. boreale</i> (Европейская часть Р. Ф)	Эстония, 40 км. Южнее г. Пярну, А.К. Скворцов, В.Д. Бочкин и Н.А. Шевырева (МНА)
bor27	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Кольский п-ов, район к западу от г Анатиты берег оз. Имандра. Заболоченный лес. К.А. Шевоеревч и Т.Ю. Коновалова (МНА)
bor29, bor30	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Белгородская область, Вейделевский район, 50° 08,5' с.ш. 38° 22' В.Д. А. Мамонтов (МНА)
bor33	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Область Чувашия район: Алатьрский блез дер. Ичиксн. По оврагам, В. Макаров (МНА)
bor38	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Полярный урал, азиатский макросклон 67° 35—40' С у озера в верховы р. А.К. Сквориов и В.Р. Филин (МНА)
bor39	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Полярный урал, около, 67° с.ш., Долина Р. Пойпудьны, А.К. Скворцов и В.Р. Филин (МНА)
bor51	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Свердловская область. Ст. Сродняя. Фролов, № 166/27 (МНА)
bor53	<i>G. boreale</i> (Европейская часть РФ)	Воронежская область, Таловский район, 50° 0,2' с. 38° 40' з. А. Серёгин, О. Чередниченкс, М. Галкина, Е. Казанцева, А. Комарова и А. Стогова, № R-1380 (MW)
bor3s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Юго-восточный Таймыр, нежнее течение р. Котуй, правый берег, 71° 40' с.ш, 102° 33' в.д. Поспелов И.Н. (МНА)
bor5s	<i>G. mugodsharicum</i>	Полярный урал, Тюменская обл., Приуральский р-н, Т. Коновалова и Н. Шевырева (МНА)

Продолжение

Обозначение	Вид	Образец
bor6s, bor7s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Шилка. Читинская обл., Шилкинский р-н. Алянская Н.С. И Совейкина Т. (МНА)
bor8s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Красноярский Край, 2 км на юго-восток от Игарки, Алянская Н.С., Костина М.В. и Коклина А.Г. (МНА)
bor13s, bor14s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Красноярский Край, Енисейский р-н, с. Назимово. Алянская Н.С., Костина М.В. и Коклина А.Г. (МНА)
bor18s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Казахстан, Актыбинская область, горы Мугуджары. А.К. Скворцов (МНА)
bor20s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Сибирь, Тувинская АССР. Эрзинский р-н, нагорье Сангилен, верховье р. Нарын, А. Королева (МНА)
bor21s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Сибирь, Тувинская АССР. Улуг-Хемиский р-н, Тувинская котловина, окр. с. Арыг-Бажи. А. Коминова, В. Шоба (МНА)
bor23s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Сибирь, Кемеровская обл., Промышленный р-н. Окрестности дер. Плотниково. О.А. Хохрякова (МНА)
bor24s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Якутская АССР, 215 км от г. Якутска вниз по р. Лене, вблизи устья р. Белянка 63°30' с.ш., 128°50' в.д. И.М. Красноборов (МНА)
bor25s	<i>G. boreale</i> (Сибирь)	Хакасия, Орджоникидзевский р-н, окр. п. Малая Сья. М. Ломоносова и С. Тыщенко (МНА)
bor1fe	<i>G. boreale</i> (Дальний Восток РФ)	Хабаровский край, приустьевая часть. Мивников (МНА)
bor3fe	<i>G. boreale</i> (Дальний Восток РФ)	Хабаровский край, Ульчский район. Левобережье Амура. Отроги г. Холан. Гаревый лиственничник. № 29 Шага (МНА)
bor4fe	<i>G. boreale</i> (Дальний Восток РФ)	Приморский край, Хасанский р-н, на юг от ж. д. ст. Рязоновка И.А. Щанцер (МНА)
bor8fe	<i>G. boreale</i> (Дальний Восток РФ)	Хабаровский край, Еврейская автономная обл., окрестности кульдор, лиственничник. В.М. Двораковская и А.Г. Куклино (МНА)
bor9fe	<i>G. boreale</i> (Дальний Восток РФ)	Хабаровский край, Совгаванский р-н. А.А. Нагаев (МНА)
bor11fe	<i>G. boreale</i> (Дальний Восток РФ)	Камчатская обл., Петропавловск-Камчатск, берег Авачинской бухты. Т. Совейкина и В. Двораковская (МНА)
bor12fe	<i>G. boreale</i> (Дальний Восток РФ)	Камчатская обл. Корякский округ. С. Харкевич (МНА)
par3fe	<i>G. paradoxum</i> (Дальний Восток РФ)	Приморье, Чугуевский район, г. Облачная, 07. 1983 (МНА)
rub_12x	<i>G. rubioides</i> 2x = 132	Румыния, S. Turda Schlucht, F. Krendl no. 12547 (W)
rub_12x	<i>G. rubioides</i> 2x = 132	Румыния, 2—3 км. E. Muhlbach, F. Krendl no. 12636 (W)
rub_12x	<i>G. rubioides</i> 2x = 132	Румыния, Westgebirge, 22° 2' в.д., 45° 49' с.ш.; F. Krendl no. 2000-02622 (W)
rub_12x	<i>G. rubioides</i> 2x = 132	СССР: Таврия meridionalis, F. Krendl no. 2000-02832 (W)
art1	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Беларусь, Витебская обл., Витебск, Джус М., Шишко И. (МНА)
art2	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Курская обл., заповедник Стрелецкая степь, Хохряков (МНА)
art6	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Донецкая обл., Славянский район. В. Васильев. (МНА)
art7	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., окрестности г. Волгограда. Е. Маченко (МНА)
art10	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., Алексеевский р-н. Маценко. (МНА)
art11	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл. Подшарениик. В. Цериамов, А. Багров (МНА)
art15	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская область, Михайловский р-н. Гогина, (МНА)

Обозначение	Вид	Образец
art22	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская область, Фроловский район. 49° 45' с.ш. — 43° 20' в.д. И. Шанцер и М. Полонская (МНА)
art23	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская область. Иловлинский р-н. В.В. Макаров (МНА)
art30	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская область, район Фроловский. З.И. Хотива и А.Е. Маценко (МНА)
art32	<i>G. articulatum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., Серафимовичский р-н. В.А. Бочкин и Г.Ю. Клиноква (МНА)
rub2, rub3	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Белгородская обл., Вейделевский р-н. 50°08,5' с.ш., 38° 22' в.д. А.К. Мамонтов (МНА)
rub6	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Белгородская область, Вейделевский район. 50°08,5' с.ш., 38° 22' в.д., А.К. Мамонтов (МНА)
rub8	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Белгородская область, Губкинский район, 37° 26' в.д., 50° 02' с.ш., Н.М. Решетникова и А.К. Мамонтов (МНА)
rub12	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Брянская область, Новозыбковский район. Г. Проскурякова (МНА)
rub17	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Калужская область, Козельский район, А. Скворцов и Г. Проскурякова (МНА)
rub21, rub23	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская область, Урюпинский район, 50° 54' с.ш., 41° 55' в.д. Г. Клиноква (МНА)
rub25	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Саратовская обл., Перелюбский район, 51° 46' с.ш. – 50° 35' в.д. В. Сагалаев, В. Бочкин, Г. Клиноква (МНА)
rub28, rub39	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., район Иловлинский, собр. И. Шанцер, Г. Клиноква (МНА)
rub44	<i>G. rubioides</i> (Европейская часть РФ)	Воронежская область, Новоусманский р-н, село Рогачёвка. Ворошилов. №: 323 (МНА)
rub1s	<i>G. rubioides</i> (Сибирь)	Сибирь, Красноярский край, Н.С. Ланская, М.В. Костина; А.Г. Куклина (МНА)
phy1	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., район Даниловский, И. Шанцер (МНА)
phy1s	<i>G. physocarpum</i> (Сибирь)	Сибирь, левый приток р. Обь, 80 км от пос. Лабытнанги. Р. Ланготюган, А.Н. Прусаков (МНА)
phy2, phy3	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., район Фроловский, И. Шанцер (МНА)
phy6	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., Серафимовичский р-н. Н.Б. Беянина и С. Удинцева (МНА)
phy8	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., Руднянский район, В. Сагалаев (МНА)
phy9	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., Правобережье р. Дон. По границе Иловлинского и Калаевского районов. Н.Б. Беянина (МНА)
phy12	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., Иловлинский район. Н.Б. Беянина (МНА)
phy13	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская обл., Жирновский р-н, Н.Б. Беянина, А.Е. Маценко (МНА)
phy14	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Волгоградская область, Алексеевский район, Н.Б. Беянина, С. Удинцева (МНА)
phy15	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Брянская обл. Клетнянский район, А.К. Скворцов
phy21, phy22	<i>G. physocarpum</i> (Европейская часть РФ)	Белгородская обл., Борисовский район. А.К. Скворцов (МНА)
pla1fe, pla2fe	<i>G. platygalium</i> (Дальний Восток РФ)	Хабаровский край, район им. Лазо. С.Д. Шлотгауэр (МНА)

Измерения диаметра пыльцевых зерен были проведены по крайней мере на 20 образцах, в то время как другие авторы анализировали 10 образцов. Были рассчитаны полярная ось (P), экваториальный диаметр (E) и их отношение друг

к другу (P/E). Световая микроскопия была проведена с использованием микроскопа Olympus type BH-2. Микрофотографии были получены с использованием установки для микрофотосъемки Olympus.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Интересно отметить высокое сходство морфологии пыльцы изученных видов: наличие небольших, бороздчатых и перфорированных пыльцевых зерен с поверхностными шипиками. Поры простые, что довольно редко встречается у Rubiaceae, число их колеблется между 5 и 10, но наиболее часто встречается наличие 7—8 пор.

**Полярность и симметрия.** Все виды имеют равнополярные и радиально-симметричные пыльцевые зерна.

**Форма пыльцы.** Согласно W. Punt и др. [14] соотношение между средним значением полярной оси (P) и средней величиной экваториального диаметра (E) может быть использовано для распределения пыльцевых зерен по классам:

$P/E = 0,75—0,875$  — сплюсненные с полюсов,

$P/E = 0,875 \rightarrow 1,0$  — сплюсненные сфероидальные,

$P/E = 1,0$  — сфероидальные,

$P/E < 1,0—1,4$  — удлинненные эллипсоидальные,

$P/E = 1,14—1,33$  — продолговатые,

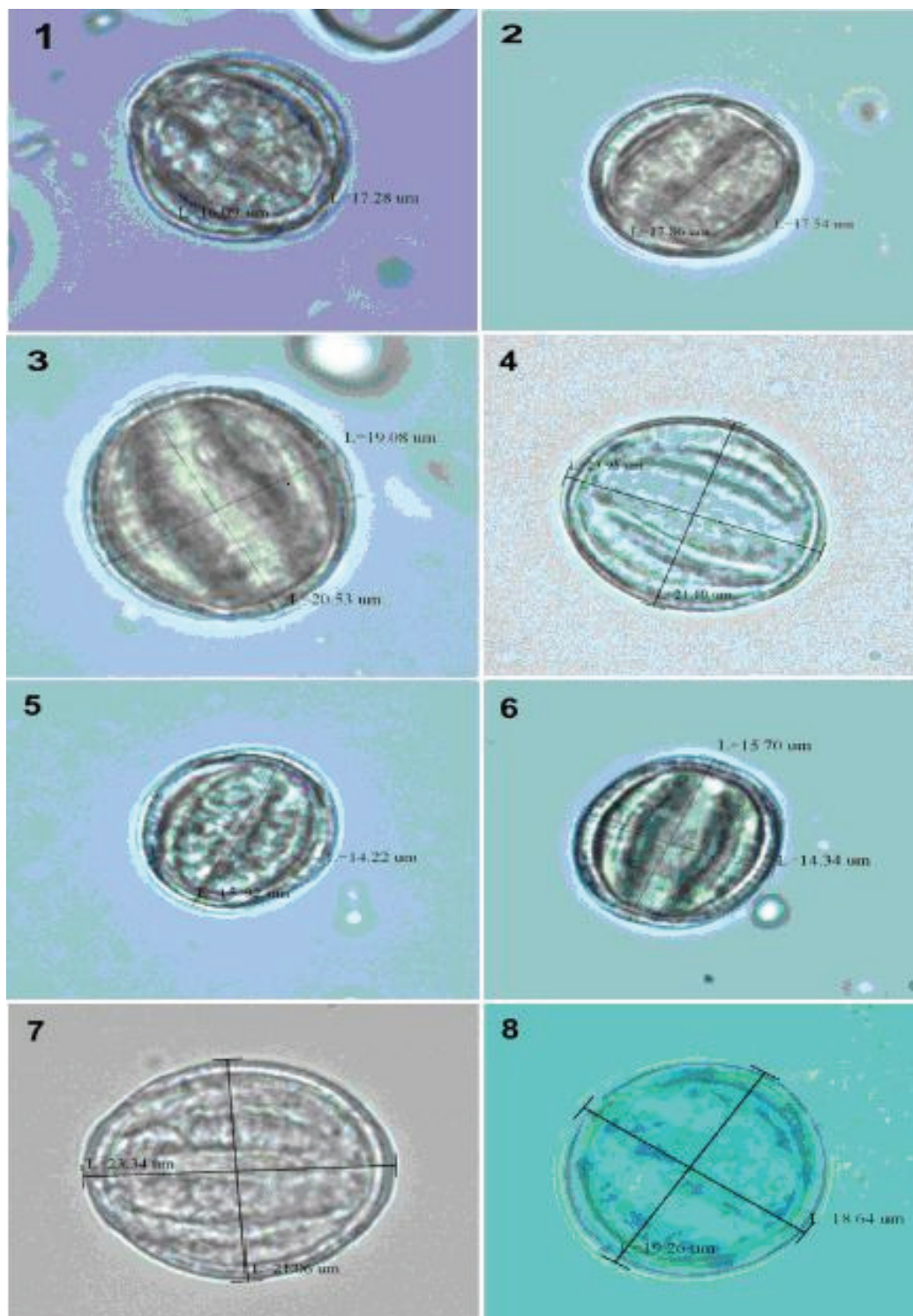
$P/E = 1,33—2,0$  — вытянутые.

На рис. 3 представлены соотношения полярной оси к среднему значению экваториального диаметра для каждого из изучаемых видов. Значения, полученные для пыльцевых зерен сплюсненной и сплюсненной с боков форм, лежат выше этой линии, сплюсненной с полюсов и сфероидальной форм, находятся близко к линии. Очевидно, что значения сфероидальных зерен будут находиться под углом  $45^\circ$  к линии, вытянутых и вытянутых с боков — ниже линии, удлинненной эллипсоидальной и продолговатой формы — близко к линии.

Среди исследованных видов нет значительных изменений формы пыльцы. Пыльцевые зерна, как правило, сфероидальные, удлинненные эллипсоидальные или сплюсненные сфероидальные (рис. 1, 2). Сфероидальные — *G. boreale* тетра- и гексаплоиды *G. septentrionale*, *G. mugodsharicum* и *G. amurense*; удлинненные эллипсоидальные — *G. boreale* (диплоид), *broterianum* (диплоид), *G. valantioides* (диплоид) and *G. articulatum*; сплюсненные сфероидальные — *G. rubioides* (додекаплоид), *G. Physocarpum*, *G. ussuriense*.

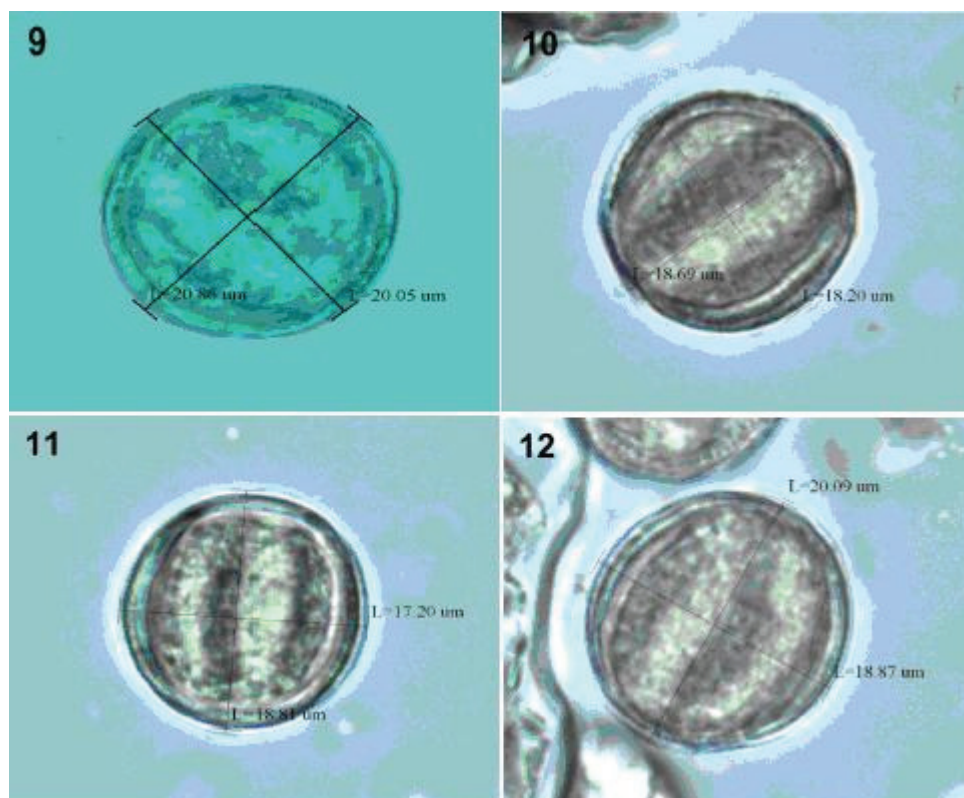
Диаметрально противоположная точка зрения состоит в том, что пыльцевые зерна в основном круглые, часто слегка лопастные из-за глубоко погруженных борозд.

Размер пыльцы. Размер пыльцевого зерна *Galium sect. Platygaliium* относительно мал (табл. 2). Только у трех видов длинная ось равна или превышает 20,0 мкм: *G. rubioides* (додекаплоид), *G. septentrionale* и *G. articulatum*. С другой стороны, наименьший размер пыльцы можно обнаружить у диплоидных видов, т.е. у *G. boreale* (2x) (рис. I: 1), *G. valantioides* (рис. I: 5) и *G. broterianum* (рис. I: 6), у которых средний диаметр пыльцевого зерна колеблется от  $\pm 14,0$  до  $\pm 16$  мкм; среди остальных изучаемых таксонов средний диаметр колеблется от  $\pm 17,0$  до  $\pm 20,0$  мкм.



**Рис. 1.** Фотографии пыльцевых зерен с помощью светового микроскопа:

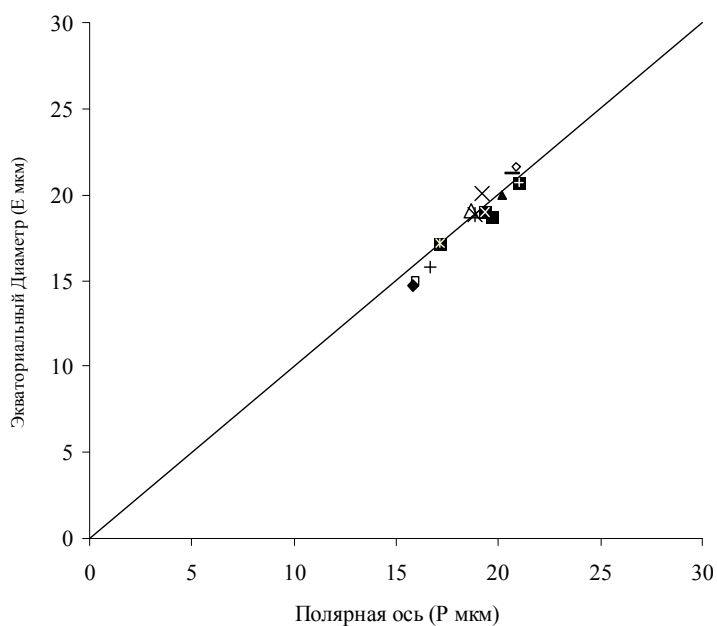
1. *G. boreale* (2x),
2. *G. boreale* (4x),
3. *G. boreale* (6x),
4. *G. rubioides* (12x),
5. *G. valantioides*
6. *G. broterianum*,
7. *G. articulatum*,
8. *G. physocarpum*



**Рис. 2.** Фотографии пыльцевых зерен с помощью светового микроскопа:

9. *G. septentrionale*, 10. *G. ussuriense*, 11. *G. mugodsharicum*, 12. *G. amurense*

- + *G. boreale* L. ( $2n=2x=22$ )
- ▣ *G. boreale* ( $2n=4x=44$ )
- ✕ *G. boreale* ( $2n=6x=66$ )
- ◇ *G. rubioides* ( $2n=12x=132$ )
- ◆ *G. valantioides* ( $2n=2x=22$ )
- *G. broterianum* ( $2n=2x=22$ )
- *G. rubioides*
- *G. articulatum*
- × *G. Physocarpum*
- ▲ *G. septentrionale*
- △ *G. ussuriense*
- *G. mugodsharicum*
- ⊠ *G. amurense*



**Рис. 3.** Форма и размер пыльцы

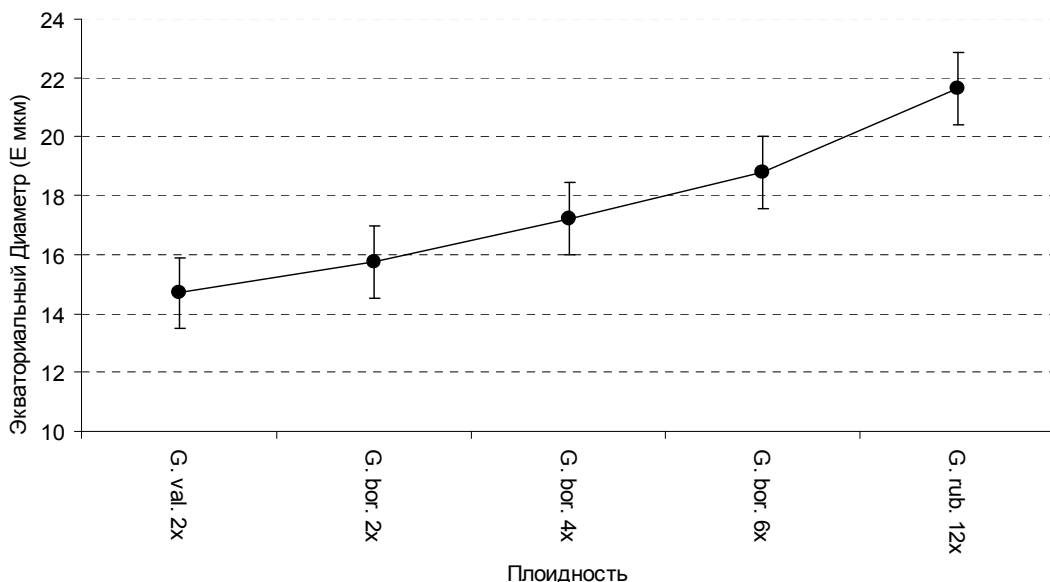


**Морфологические особенности пыльцы изучаемых таксонов:  
полярная ось (Р), экваториальный диаметр (Е), соотношение между полярной осью  
и экваториальным диаметром (Р/Е)**

№	Вид	Полярная ось (Р мкм)		Экваториальный диаметр (Е мкм)		Р/Е	Форма пыльцевого зерна
		Диапазон	Значение	Диапазон	Значение		
1	<i>G. boreale</i> L. (2n = 2x = 22)	16,14— 17,21	16,68	15,1—16,29	15,76	1,059	Удлиненная эллипсоидальная
2	<i>G. boreale</i> L. (2n = 4x = 44)	16,54— 18,27	17,15	14,68— 18,81	17,21	0,996	Сфероидальная
3	<i>G. boreale</i> L. (2n = 6x = 66)	18,24— 19,49	18,83	17,88— 20,01	18,80	1,002	Сфероидальная
4	<i>G. rubioides</i> L. (2n = 12x = 132)	19,85— 22,07	20,87	21,00— 22,68	21,63	0,965	Сплюснутая сфероидальная
5	<i>G. valantioides</i> M. B.(2n = 2x = 22)	14,27— 17,32	15,82	12,77— 15,64	14,69	1,076	Удлиненная эллипсоидальная
6	<i>G. broterianum</i> Boiss. & Reut. (2n = 2x = 22)	14,84— 17,45	15,94	13,91— 15,88	14,97	1,064	Удлиненная эллипсоидальная
7	<i>G. articulatum</i> Lam.	18,81— 23,38	21,03	14,46— 23,18	20,69	1,016	Удлиненная эллипсоидальная
8	<i>G. physocarpum</i> Ldb.	17,65— 20,70	19,23	18,75— 23,31	20,09	0,957	Сплюснутая сфероидальная
9	<i>G. septentrionale</i> Roem. & Schult.	17,57— 21,48	20,16	18,64— 21,37	19,98	1,008	Сфероидальная
10	<i>G. ussuriense</i> Pobed.	17,46— 18,62	18,00	17,88— 19,07	18,475	0,974	Сплюснутая сфероидальная
11	<i>G. mugodsharicum</i> Pobed.	18,25— 19,67	18,96	17,15— 18,75	17,95	1,056	Сфероидальная
12	<i>G. amurense</i> Pobed.	15,79— 21,26	19,387	16,88— 21,44	18,980	1,021	Сфероидальная

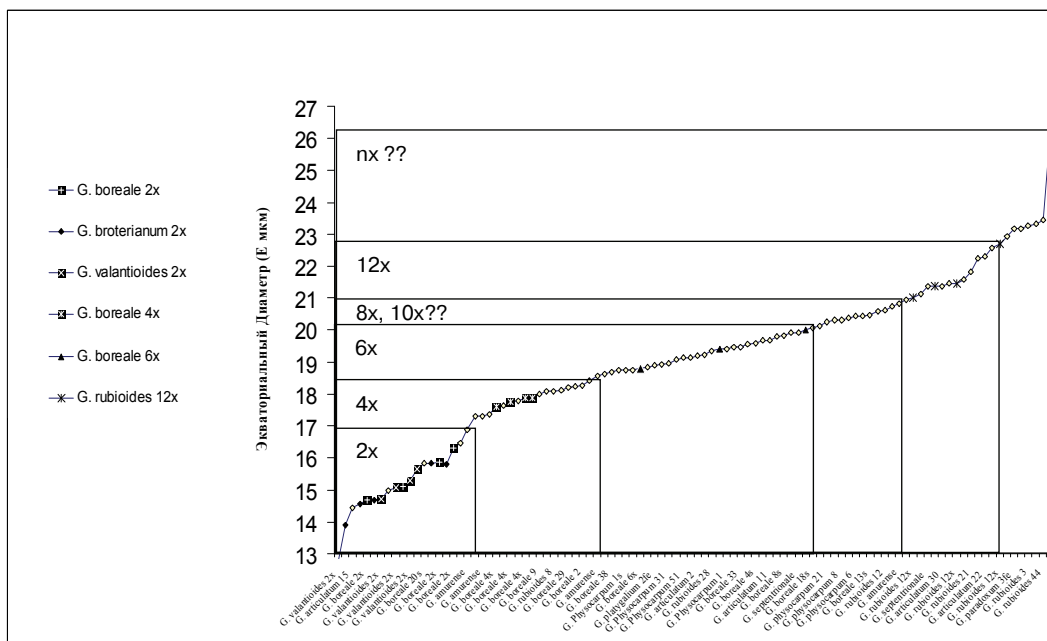
**Число хромосом и полиплоидия.** Многочисленные подсчеты чисел хромосом видов *sect. Platygaliium* были сделаны F. Krendl и F. Ehrendorfer (природный музей Вены (W) и институт ботаники Венского университета (WU) Австрия). В качестве отправной точки в работе использовались образцы с известным числом хромосом (табл. 1), результаты показаны на рис. 4 и 5, была проверена гипотеза о корреляции и показано, что для видов *sect. Platygaliium* характерно наличие ди-, тетра-, гекса-, окта-, дека-, додекаплоидность и более высокий уровень плоидности.

По-видимому, диплоидность встречается у экземпляров *G. boreale*, собранных в Сибири, *G. valantioides*, *G. broterianum* и частично *G. amurense*. Тетраплоидия характерна для *G. boreale*, *G. rubioides*, собранных в Европе и частично для *G. amurense*; гексаплоидия — встречается частично у *G. boreale*, *G. rubioides* and *G. physocarpum*, собранных в Европе и Сибири, частично для *G. amurense*, *G. septentrionale*, *G. mugodsharicum*, *G. articulatum* and *G. platygaliium*; окта- и декаплоидия — для *G. rubioides* and *G. physocarpum*, собранных в Европе и для *G. boreale*, собранных в Сибири. Додекаплоидия характерна для *G. rubioides*, *G. articulatum*, *G. physocarpum*, собранных в Европе, и для *G. amurense* (рис. 5).



**Рис. 4.** Средняя величина и стандартные ошибки для четырех групп размеров пыльцевых зерен, соответствующих 2х, 4х, 6х и 12х.

Значимость корреляции, рассчитанная в программе PAST  $p = 2 \times 10^{-126}$



**Рис. 5.** Средний диаметр пыльцы различных таксонов *Galium* sect. *Platygalium* с вариантами разделительных линий для ди-тетра-гекса-гепта-окта-додека- полиплоидов и экземпляров более высокого уровня плоидности.

Образцы с известным числом хромосом, как указано слева, отмечены разными знаками

**Заключение.** Диаметр пыльцевого зерна у исследованных видов sect. *Platygalium* положительно коррелирует с уровнем плоидности.

В основном род *Galium* палинологически однотипный. Морфология пыльцы сходна, особенно в связи со следующими характеристиками: бороздчатые, перфорированные зерна с микрошипиками. Данные результаты сопоставимы с результатами [1]. Пыльца, как правило, имеет сфероидальную, удлинненную эллипсоидальную или сплюсненную сфероидальную форму.

Диплоидность, по-видимому, характерна для представителей с удлинненной эллипсоидальной формой пыльцы, в то время как сфероидальная форма связана с тетра- и гексаплоидией, с другой стороны, сплюсненные пыльцевые зерна обнаружены у додекаплоидов и образцов с более высоким уровнем полиплоидии.

Распространение диплоидов группы *G. boreale* среди изучаемых таксонов ограничивается только границами Сибири, ограничение для диплоидов *G. rubioides* не зафиксировано, в то время как тетраплоиды *G. boreale* and *G. rubioides* обнаружены только в Европе. С другой стороны, гексаплоиды группы *G. boreale* и *G. rubioides*, по-видимому, распространены по всей Евразии.

Окта- и додекаплоиды, по всей видимости, имеют очень узкие ареалы, и их происхождение не вполне понятно. Предположительно окта- и додекаплоиды имеют узколокальное происхождение и распространение.

В России неизвестны виды или внутривидовые таксоны, которые полностью являются окта- или додекаплоидами. Тем не менее, было установлено, что растения с такой плоидностью попадают среди *G. boreale*, *G. rubioides* и *G. physocarum* по всей Евразии, с некоторым повышением их встречаемости в азиатской части Сибири.

Обнаружено, что додекаплоиды и экземпляры с плоидностью выше додекаплоиды распространены только в Европе. Таким образом, палиноморфологические данные показали, что в *sect. Platygalium* размер пыльцы может быть непосредственно связан с числом хромосом, а также может быть использован в качестве дополнительного приема для установления эволюционных тенденций и филогенетического отношения между видами.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abdel Khalik K., Abd El-Ghani M.M. & Elkordy A. A palynological study of *Galium* L. (Rubiaceae) in Egypt and its systematic implication // Feds. Rep. 2007. V. 118. P. 311—326.
- [2] Bremekamp C.E.B. The African species of *Oldenlandia* L. sensu Hiern et K. Schuman. Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk // Tweed Sect. 1952. V. 48. P. 1—297.
- [3] Bremekamp C.E.B. Remarks on the position, delimitation and the subdivision of the Rubiaceae // Acta Bot. nederl. 1966. V. 15. P. 1—33.
- [4] Dessein S., Ochoterena H., De Block H., Lens F., Robbrecht E., Schols P., Smets E., Vinckier S., Huysmans S. Palynological Characters and Their Phylogenetic Signal in Rubiaceae // Bot. Rev. 2005. V. 71(3). P. 354—414.
- [5] Dessein S., Huysmans S., Robbrecht E., Smets E. Pollen of African Spermaceae species (Rubiaceae). Morphology and evolutionary aspects // Grana. 2002. V. 41. P. 69—89.
- [6] Dessein S., Scheltens A., Huysmans S., Robbrecht E., Smets E. Pollen morphological survey of *Pentas* (Rubiaceae- Rubioideae) and its closest allies // Rev. Palaeobot. Palynol. 2000. V. 112. P. 189—205.

- [7] *Ehrendorfer F., Krendl F., Puff C.* Galium L. in: T.G. Tutin, V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters, and D.A. Webb (eds.) // *Flora Europaea*. 1976. V. 4. P. 14—36. Cambridge University Press, New York, New York, U.S.A.
- [8] *Huysmans S., Dessein S., Smets E., Robbrecht E.* Pollen morphology of NW European representatives confirms monophyly of Rubieae (Rubiaceae) // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2003. V. 127. P. 219—240.
- [9] *Katsiotis A., Forsberg R.A.* Pollen grain size in four ploidy levels of genus *Arena* // *Euphytica*. 1995. V. 83. P. 103—108.
- [10] *Lewis W.H.* Cytopalynological study of African Hedyotideae (Rubiaceae) // *Ann. Miss. Bot. Gard.* V. 52. P. 182—211.
- [11] *Lewis W.H.* Pollen morphology and evolution in Hedyotis subgenus *Edrisia* (Rubiaceae) // *Amer. J. Bot.* 1965. V. 52. P. 257—264.
- [12] *Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E.* Pollen Analysis. 1991. 2nd ed. P. 216. Blackwell, Oxford.
- [13] *Punt W., Hoen P.P., Blackmore S., Nilsson S., Thomas A.L.* Glossary of pollen and spore terminology // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2007. V. 143. P. 1—81.
- [14] *Punt W., Blackmore S., Nilsson S., Thomas L.F.* Glossary of pollen and spore terminology. 1994. LPP contributions ser. 1, Utrecht.
- [15] *Schanzer I., Ehrendorfer F.* Multivariate analysis, systematics, and distribution of *Galium* sect. *Orientalgalium* Ehrend. (Rubiaceae) in the Caucasus region // *Candollea*. 2002. V. 57. P. 329—357.
- [16] *Verdcourt B.* Remarks on the classification of the Rubiaceae // *Bull. Jard. Bot. État.* 1958. V. 28. P. 209—290.

## ON THE CORRELATION OF POLLEN GRAIN SIZE AND PLOIDY LEVELS OF GENUS *GALIUM* SECT. *PLATYGALIUM*

I.A. Schanzer<sup>1</sup>, A. Elkordy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences  
*Botanicheskaya str., 4, Moscow, Russia, 127276*

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

Pollen grain size of some species of *Galium* section *Platygalium* (Rubiaceae) have been studied in diploids ( $2n = 2 \times = 22$ , in *G. boreale*, *G. valantioides*, *G. broterianum*), tetraploids ( $2n = 4 \times = 44$ , in *G. boreale*), hexaploids ( $2n = 6 \times = 66$ , in *G. boreale*) and in dodecaploid ( $2n = 12 \times = 132$ , in *G. rubioides*), and many other species and specimens related to section *Platygalium*. Pollen grain size, for *G. boreale* diploide (P = 16.68  $\mu\text{m}$ , E=15.76  $\mu\text{m}$ ), *G. valantioides* (P = 15.82  $\mu\text{m}$ , E = 14.69  $\mu\text{m}$ ), *G. broterianum* (P = 15.94  $\mu\text{m}$ , E = 14.97  $\mu\text{m}$ ); for *G. boreale* tetraploids (P = 17.15  $\mu\text{m}$ , E = 17.21  $\mu\text{m}$ ); for *G. boreale* hexaploids (P = 18.83  $\mu\text{m}$ , E = 18.80  $\mu\text{m}$ ) and (P = 20.87  $\mu\text{m}$ , E = 21.63  $\mu\text{m}$ ) *G. rubioides* dodecaploid, was positively correlated with ploidy level. The results verify the expected correlation between mean pollen diameters and ploidy levels, and demonstrate that apparent di-, tetra-, hexa- octa-, deca-, dodeca- and possibly higher polyploidy occur among the species of sect. *platygalium*. Palynomorphological data revealed that in sect. *Platygalium*, pollen size can be directly associated with chromosome number and can also be used as an additional tool to establish evolutionary trends and taxonomic relationship among species.

**Key words:** Rubiaceae, *Galium*, *Platygalium*, pollen grain, correlation, ploidy level.

## REFERENCES

- [1] *Abdel Khalik K., Abd El-Ghani M.M. & Elkordy A.* A palynological study of Galium L. (Rubiaceae) in Egypt and its systematic implication // *Feds. Rep.* 2007. V. 118. P. 311—326.
- [2] *Bremekamp C.E.B.* The African species of Oldenlandia L. sensu Hiern et K. Schuman. *Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk // Tweed Sect.* 1952. V. 48. P. 1—297.
- [3] *Bremekamp C.E. B.* Remarks on the position, delimitation and the subdivision of the Rubiaceae // *Acta Bot. nederl.* 1966. V. 15. P. 1—33.
- [4] *Dessein S., Ochoterena H., De Block H., Lens F., Robbrecht E., Schols P., Smets E., Vinckier S., Huysmans S.* Palynological Characters and Their Phylogenetic Signal in Rubiaceae // *Bot. Rev.* 2005. V. 71(3). P. 354—414.
- [5] *Dessein S., Huysmans S., Robbrecht E., Smets E.* Pollen of African Spermaceo species (Rubiaceae). Morphology and evolutionary aspects // *Grana.* 2002. V. 41. P. 69—89.
- [6] *Dessein S., Schelkens A., Huysmans S., Robbrecht E., Smets E.* Pollen morphological survey of Pentas (Rubiaceae- Rubioideae) and its closest allies // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2000. V. 112. P. 189—205.
- [7] *Ehrendorfer F., Krendl F., Puff C.* Galium L. in: T.G. Tutin, V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters, and D.A. Webb (eds.) // *Flora Europaea.* 1976. V. 4. P. 14—36. Cambridge University Press, New York, New York, U.S.A.
- [8] *Huysmans S., Dessein S., Smets E., Robbrecht E.* Pollen morphology of NW European representatives confirms monophyly of Rubieae (Rubiaceae) // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2003. V. 127. P. 219—240.
- [9] *Katsiotis A., Forsberg R.A.* Pollen grain size in four ploidy levels of genus *Arena* // *Euphytica.* 1995. V. 83. P. 103—108.
- [10] *Lewis W.H.* Cytopalynological study of African Hedyotideae (Rubiaceae) // *Ann. Miss. Bot. Gard.* 1965. V. 52. P. 182—211.
- [11] *Lewis W.H.* Pollen morphology and evolution in Hedyotis subgenus *Edrisia* (Rubiaceae) // *Amer. J. Bot.* 1965. V. 52. P. 257—264.
- [12] *Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E.* *Pollen Analysis.* 1991. 2nd ed. P. 216. Blackwell, Oxford.
- [13] *Punt W., Hoen P.P., Blackmore S., Nilsson S., Thomas A.L.* Glossary of pollen and spore terminology // *Rev Palaeobot Palynol.* 2007. V. 143. P. 1—81.
- [14] *Punt W., Blackmore S.; Nilsson S., Thomas L.F.* Glossary of pollen and spore terminology. 1994. LPP contributions ser. 1, Utrecht.
- [15] *Schanzer I., Ehrendorfer F.* Multivariate analysis, systematics, and distribution of Galium sect. *Orientigalium* Ehrend. (Rubiaceae) in the Caucasus region // *Candollea.* 2002. V. 57. P. 329—357.
- [16] *Verdcourt B.* Remarks on the classification of the Rubiaceae // *Bull. Jard. Bot. État.* 1958. V. 28. P. 209—290.