

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра генетики

**ОСОБЕННОСТИ СЕМЕННОЙ РЕПРОДУКЦИИ
АНТАРКТИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ
DISCHAMPSIA ANTARCTICA DESV.**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

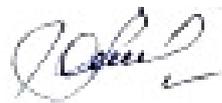
Студентки 4 курса 422 группы
Направление 06.03.01 Биология
Биологического факультета
Абраменко Эвелины Геннадиевны

Научный руководитель

Зав. кафедрой генетики,

д. б. н., доцент

06.06.2016 г.



О.И. Юдакова

Зав. кафедрой генетики,

д. б. н., доцент

06.06.2016 г.



О.И. Юдакова

Саратов 2016

Введение. Антарктика, по причине значительной удаленности от других материков и существования Полярного фронта, является крайне суровым и изолированным регионом планеты. Тем не менее, в особой климатической зоне — Морской Антарктике, на довольно значительных участках, свободных ото льда, распространены два вида цветковых растений — *Deschampsia antarctica* Desv. (Poaceae) и *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. (Caryophyllaceae).

Луговик антарктический или Щучка антарктическая (*D. antarctica*) — это многолетнее растение, 10-130 см высотой, обычно без ползучих подземных побегов и образующие густые дерновины. Растет он лишь на участках земли, хорошо освещаемых солнцем. Произрастает на склонах гор и на открытых солнцу каменистых почвах. Само растение прекрасно переносит заморозки. Морозы не вредят растению даже во время цветения.

Колобантус кито или мшанка — вечнозелёное травянистое растение, имеющее подушкообразную форму и напоминающее по внешнему виду представителя листостебельных мохообразных. Высота взрослых растений составляет от полутора до пяти сантиметров. Цветки мелкие, с белыми или желтоватыми венчиками.

Эти виды цветковых представляют большой научный интерес как объекты для изучения механизмов адаптации растений к крайне неблагоприятным условиям внешней среды и как исходный материал для селекции на устойчивость к низким температурам и недостатку влаги. В настоящее время ведутся довольно интенсивно исследования по различным аспектам физиологии и геоботанике *D. antarctica* и *C. quitensis*. В то же время эмбриология этих видов все еще остается недостаточно изученной.

Всестороннее изучение антарктических покрытосеменных растений имеет также и теоретическое значения для решения вопроса исключительного распространения только двух видов (*D. antarctica* и *C. quitensis*) в современной флоре Антарктического региона. Некоторые ученые считают, что уникальное распределение этих видов в Антарктике

может быть не связано с наличием каких-либо конкретных механизмов адаптации к экстремальным условиям окружающей среды, а является результатом постепенной адаптации этих таксонов в экстремальных условиях в течение долгих ледниковых процессов. Тем не менее, однозначного ответа на вопрос о том, почему только два вида сосудистых растений колонизировали в Антарктиду, до сих пор нет.

Целью проведенного исследования явилось изучение особенностей семенной репродукции растений *D. antarctica*, произрастающих в Морской Антарктике.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Изучить особенности строения женской генеративной сферы растений.

2. Провести анализ качества пыльцы растений.

3. Определить способ опыления растений на основе анализа соотношения количества пыльцевых зерен и семязачатков.

4. Провести сравнительный анализ эмбриологических особенностей растений *D. antarctica*, произрастающих на разных островах Морской Антарктики.

Бакалаврская работа состоит из следующих глав: введение, обзор литературы, материал и методы исследования, результаты исследования, заключение, выводы. Список использованных источников включает 72 научные работы, из них 55 на иностранных языках.

Основное содержание работы. В разделе «Обзор литературы» бакалаврской работы приводится анализ литературы по вопросам, касающихся особенностей флоры Антарктиды (Герасимюк, 2008; Курбатова, 2014), биологии и репродукции цветковых растений Антарктиды (Billings, 1968; Moore, 1983; Komárkova, 1985; McGraw, 1997; Grawford, 2008; Gielwanowska, 2005; Langer, 2006; Parnikoza et al., 2007), адаптации цветковых растений Антарктики к неблагоприятным условиям произрастания (Karpen et al., 2002; Колесниченко, 2003; Olave-Concha et al., 2004; John et al., 2009; Матвеева, 2010), а также особенностям репродукции представителей семейства Злаки (Пономарев, 1968; Цвелев, 1976; Поддубная-Арнольди, 1982; Батыгина, 1987, 1990).

Материалом исследования послужили растения *D. antarctica*, произрастающие на островах Морской Антарктики (Аргентинских островах). Растения были зафиксированы в местах их естественного произрастания в период цветения в 2014 г. в ходе Антарктической экспедиции НАН Украины. Фиксацию проводили ацетоалкоголем (3:1).

Для выявления эмбриологических особенностей растений антарктических популяций *D. antarctica* проводили цитоэмбриологический анализ структуры мужской и женской генеративной сферы. Качество пыльцы изучали на глицерин-желатиновых препаратах зрелой пыльцы, окрашенной кармином (Юдакова и др., 2012). Количество пыльцевых зерен в пыльниках определяли на давленных препаратах пыльников, окрашенных акридиновым оранжевым. Структуру семязачатков и зародышевых мешков анализировали на просветленных препаратах семязачатков (Юдакова и др., 2012). Микроскопический анализ проводили на исследовательских микроскопах «AxioStar Plus» и «AxioScop» (C.Zeiss, Германия) при увеличении 15x40x0,65 и 10x40x0,75. Микрофотографирование осуществляли с помощью видеоадаптора Canon и программ визуализации изображения Zoombrauser и AxioVision. Измерение размеров пыльцевых зерен и подсчет их количества в

пыльниками проводили с помощью модуля «Автоматическое измерение» программы визуализации изображения AxioVision.

Статистический анализ данных проводили с использованием программы STATISTIKA.

Проведенное исследование мужской генеративной сферы растений антарктических популяций *D. antarctica* показало, что их зрелые пыльцевые зерна имели типичное для злаков строение. Они были однопоровыми и трехклеточными. Средний размер пыльцевых зерен составил около 25 мкм. В пределах пыльников отмечено варьирование пыльцы по диаметру (коэффициент вариации выше 15%) (табл. 1). Популяции достоверно не отличались друг от друга по размеру пыльцы (рис. 1).

У всех растений в пыльниках наряду с нормальной выполненной пыльцой присутствовали стерильные пыльцевые зерна. Как правило, дегенерации подвергались зрелые пыльцевые зерна. Они характеризовались либо разной степенью плазмолиза, либо их содержимое было полностью дегенерировавшим. В единичных случаях отмечено нарушение развития пыльцевых зерен. Например, отмечены сдвоенные пыльцевые зерна, которые, судя по всему, причиной их образования явилось нарушение процесса цитокинеза во втором делении мейоза, в результате чего две микроспоры не отделились друг от друга.

По степени дефектности пыльцы популяции можно разделить на три группы: 1 группа, средняя СДП растений около 15% – популяции о. Барселот и о. Галиндез; 2 группа, средняя СДП растений около 25% – о. Гротто, о. Питерман, о. Три маленьких поросенка, о. Расмусен; 3 группа, средняя СДП около 40% – о. Индикатор (табл.1, рис. 2).

Таким образом, самым низким качеством пыльцы характеризовались растения с о. Индикатор. Это один из самых маленьких по площади и высоте над уровнем моря из всех исследованных нами островов. Для него характерны сильные холодные ветра, что делает микроклиматические условия произрастания растений на нем наиболее неблагоприятными по

сравнению с другими островами. Несмотря на то, что о. Барселот является самым южным, а, следовательно, и наиболее холодным из островов, степень дефектности пыльцы у растений оказалась самой низкой. Скорее всего, это обусловлено тем, что на данном скалистом острове растения *D. antarctica* произрастают, как правило, в защищенных от ветра расщелинах.

Таблица 1 – Качество и морфометрические параметры пыльцы растений островных антарктических популяций *D. antarctica*

Место сбора	Средняя степень дефектности пыльцы, %	Размер пыльцевых зерен, мкм		Количество пыльцевых зерен, шт		Соотношение количества пыльцевых зерен к семязачаткам (P/O)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	CV	$\bar{x} \pm \sigma$	CV	$\bar{x} \pm \sigma$	CV
о. Барселот	13,8	25,4±4,1	16,1	211,5±72,8	34,4	634,5±218,4	34,4
о. Галиндез	19,7	26,5±3,5	13,2	190,6±75,0	39,3	571,8±225,0	39,3
о. Гротто	17,2	26,2±3,5	13,4	182,0±56,5	31,0	546,0±169,5	31,0
о. Индикатор	40,0	28,6±4,1	14,3	130,0±57,9	44,5	390,0±173,7	44,4
о. Питерман	20,4	28,4±4,5	15,8	111,6±44,6	40,0	334,8±133,8	39,7
о. Расмусен	17,3	25,3±3,9	15,4	193,7±34,1	17,6	581,1±102,3	17,6
о. Три маленьких поросенка	16,3	32,3±5,3	16,4	88,5±30,4	34,4	265,5±91,2	34,3

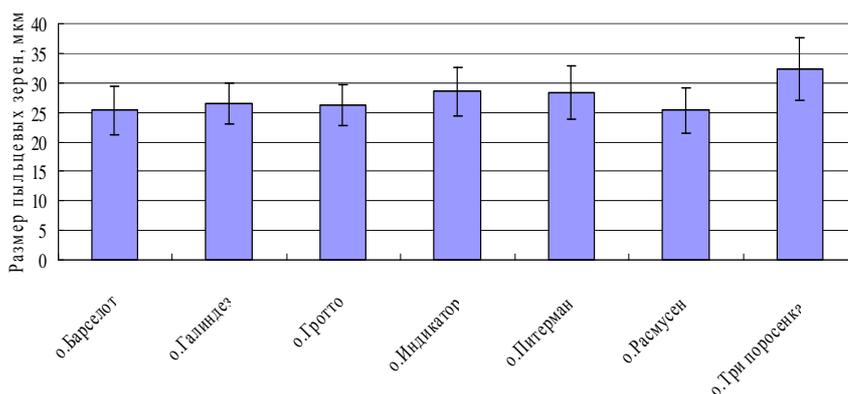


Рисунок 1 – Размер пыльцевых зерен растений островных антарктических популяций *D. antarctica*

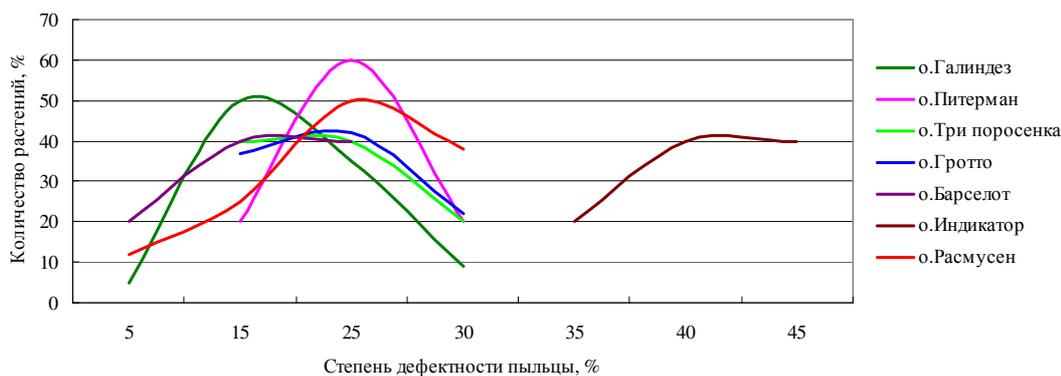


Рисунок 2 – Степень дефектности пыльцы растений островных антарктических популяций *D. antarctica*

По показателю «количество пыльцы в пыльниках» для большинства изученных популяций не обнаружено достоверных отличий. Однако внутрипопуляционные различия были довольно существенными, о чем свидетельствуют большие значения коэффициентов вариации (табл.1, рис. 3).

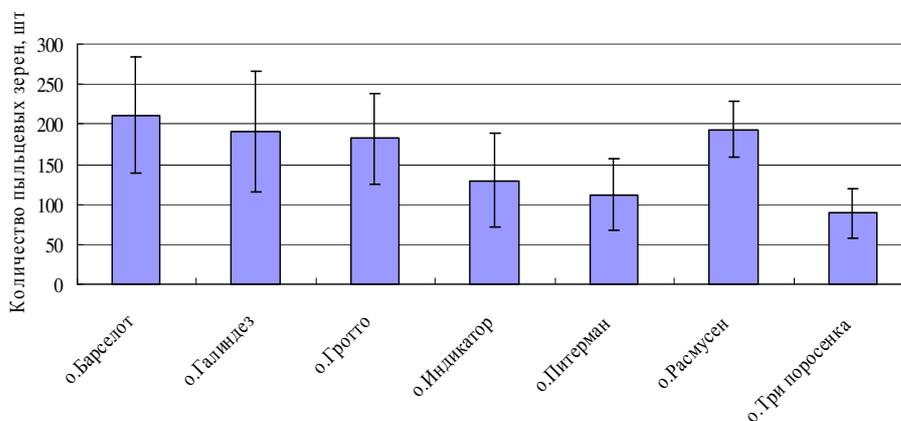


Рисунок 3 – Количество пыльцы в пыльниках растений островных антарктических популяций *D. antarctica*

У изученных растений *D. antarctica* зрелые мегагаметофиты – семиклеточные, восьмиядерные, содержат крупную яйцеклетку, две синергиды, центральную клетку с двумя полярными ядрами, несливающимися до оплодотворения, и антиподальный комплекс, состоящий из 3-5 больших одноядерных и многоядрышковых клеток (табл. 2).

В зрелых зародышевых мешках злаков полярные ядра обычно располагаются рядом с яйцеклеткой. В некоторых зрелых мегagamетофитах *D. antarctica* полярные ядра напротив опускались в халазальный район и находились за антиподами. Такое явление наблюдается у злаков при значительных задержках опыления (Юдакова, 2007). У *D. antarctica* причиной отсутствия опыления, судя по всему, является низкое качество пыльцы.

Таблица 2 – Исследованные зародышевые мешки антарктических популяций *D. antarctica*

Место сбора	Количество исследованных зародышевых мешков						
	Всего	четырёх-ядерный, %	сформированный восьмиядерный, %	зрелый нормального строения, %	с полярными ядрами за антиподами, %	с признаками дегенерации, %	с проэмбрио и ядерным эндосперм, %
о. Барселот	7	0,0	0,0	85,7	0,0	14,2	0,0
о. Галиндез	63	3,1	22,2	50,7	15,8	0,0	7,9
о. Гротто	4	0,0	0,0	75,0	0,0	25,0	0,0
о. Индикатор	26	0,0	0,0	69,2	26,9	3,8	0,0
о. Расмусен	6	16,6	16,6	66,6	0,0	0,0	0,0
о. Питерман	5	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0

У растений *D. antarctica* в одном пыльнике в среднем формируется от $130,0 \pm 57,9$ (о.Индикатор) до $211,5 \pm 72,8$ (о.Барселот) (табл. 1). Исходя из того, что цветки злаков содержат три пыльника и один семязачаток, средний показатель соотношения количества пыльцевых зерен и семязачатков (*P/O* ratio) составляет от $390,0 \pm 173,7$ (о.Индикатор) до $634,5 \pm 218,4$ (о.Барселот). Соотношение *P/O* служит косвенным показателем энергетических затрат на опыление. Данные затраты тем больше, чем более открытой является система, они возрастают в следующем порядке: клейстогамы (*P/O* 4,7–27,7) → облигатные автогамы (*P/O* 27,8–168,5) → факультативные автогамы (*P/O* 168,6–796,6) → факультативные аллогамы (*P/O* 796,6–5859,2) → облигатные

аллогамы (P/O более 5859,2) (Cruden, 1977). Установленные в ходе проведенного нами исследования показатели P/O позволяют отнести растения всех изученных популяций *D. antarctica* к факультативным автогамам (рис. 4).

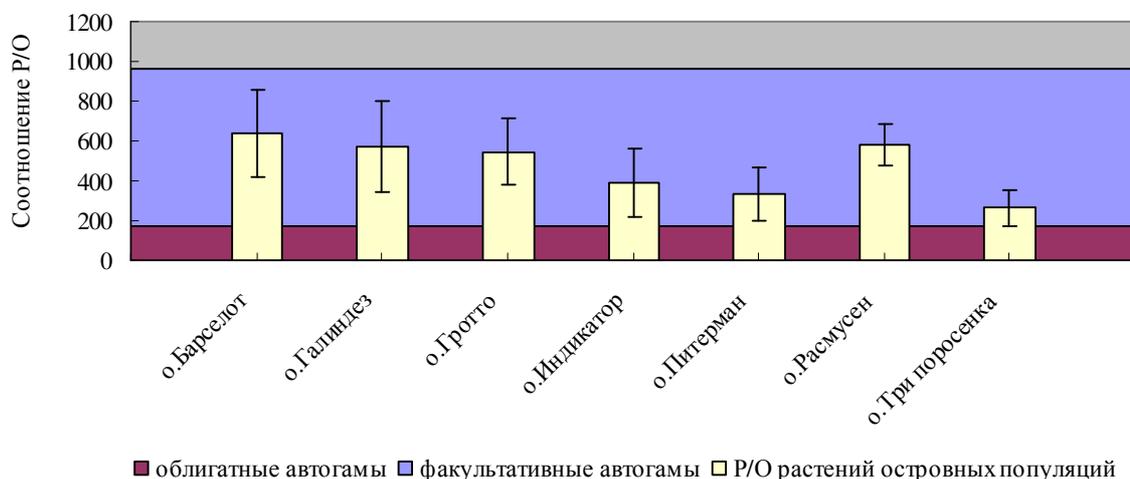


Рисунок 4 – Соотношение количества пыльцевых зерен к количеству семязачатков у растений исследованных островных популяций *D. antarctica*

Заключение. Результаты проведенного анализа, позволяют выделить следующие адаптивные к экстремальным условиям среды особенности репродуктивной системы *D. antarctica*:

- 1) осуществление полового способа репродукции на базе факультативной автогамии;
- 2) низкие энергетические затраты на опыление за счет производства небольшого количества пыльцы ($P/O=420\pm 45,9$).

Переход растений *D. antarctica* на редкое для злаков самоопыление, несомненно, является адаптацией к экстремальным условиям обитания. Автогамия по сравнению с аллогамией существенно сокращает время контакта пыльцы с окружающей средой, особенно если при самоопылении пыльца не покидает пределы своего цветка. Тем самым увеличивается шанс успешного опыления и оплодотворения. При этом небольшое количество производимой растениями пыльцы позволяет им экономить свои

пластические и энергетические ресурсы. Все это особенно важно в условиях Антарктиды, где растения произрастают на бедных минеральными веществами субстратах, при дефиците воды и низких температурах.

Автогамы обладают ограниченной рекомбинационной системой, которая, способствует воспроизведению существующих в популяции генотипов и сводит к минимуму появление новых рекомбинантов (Грант, 1984). С этих позиций автогамия также более выгодна для *D. antarctica*, чем аллогамия, поскольку может способствовать сохранению генотипов, адаптированных к экстремальным условиям местообитания. В то же время факультативность автогамии у *D. antarctica* создает своеобразный резерв рекомбинативной изменчивости, который может реализоваться при улучшении условий окружающей среды.

С точки зрения репродуктивного успеха наиболее уязвимыми этапами эмбриологического развития у *D. antarctica* являются не только процессы опыления и оплодотворения, как и следовало ожидать в таких условиях обитания, но и микрогаметофитогенез. Высокая степень дефектности пыльцы (в среднем около 85%) служит существенным препятствием для реализации репродуктивного потенциала растений. Многие зародышевые мешки остаются неоплодотворенными, и семена не завязываются.

Т.А. Day et al. (1999) было показано, что при использовании специальных фильтров, повышающих температуру воздуха на 1,3 и 2,3°C вокруг растений *D. antarctica*, произрастающих на Антарктическом полуострове, завязываемость семян у них увеличивалась на 15%. К сожалению, отсутствие цитозембриологического контроля в данных экспериментах не позволяет однозначно определить механизм изменения семенной продуктивности. Не исключено, что повышение температуры воздуха могло способствовать снижению степени дефектности пыльцы и, как следствие, увеличению количества оплодотворенных зародышевых мешков.

В последние десятилетия всемирное потепление затронуло Антарктический полуостров. Во второй половине 20 века температура в этом

регионе возросла примерно на $2,6^{\circ}\text{C}$, что привело к значительному расширению антарктической части ареала *D. antarctica*. Одной из причин этого может быть более полная реализация репродуктивного потенциала растений.

Выводы:

1. Растения изученных антарктических популяций *D. antarctica* характеризуются одинаковым размером пыльцевых зерен (около 25 мкм) и количеством формирующейся в пыльниках пыльцы (в среднем около 140). Степень дефектности пыльцы варьирует от 13,8% (популяция о. Барселот) до 40,0% (популяция о. Индикатор).
2. Зародышевые мешки всех исследованных растений имеют типичное для половых злаков строение. Опыление происходит в закрытых цветках. В зрелом цветке пыльники располагаются в непосредственной близости к рыльцам, что способствует успешному самоопылению.
3. Показатели соотношения количества пыльцы и семязачатков у растений изученных островных популяций *D. antarctica* варьируют от $390,0 \pm 173,7$ (популяция о. Индикатор) до $634,5 \pm 218,4$ (популяция о. Барселот) и лежат в диапазоне, характерном для факультативных автогамов.
4. Репродуктивная стратегия *D. antarctica* основана на сочетании вегетативного и семенного размножения на основе факультативной автогамии.