

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра генетики

**ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ
АНТАРКТИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ *COLOBANTHUSQUITENSIS***

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 422 группы

направления подготовки бакалавриата 06.03.01 «Биология»

Биологического факультета

Скрипниковой Юлии Андреевны

Научный руководитель

доктор биол. наук, доцент

10.06.22  О.И.Юдакова

Заведующий кафедрой

доктор биол. наук, доцент

10.06.22  О.И.Юдакова

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Антарктика, по причине значительной удаленности от других материков и существования Полярного фронта, является крайне суровым изолированным регионом планеты, который содержит 99% льда на планете. И, вероятно, является самым экстремальным континентом для поддержания жизни: это самый холодный, самый сухой и самый ветреный континент на Земле. Климатические условия настолько неблагоприятны, что даже в летнее время растения часто сталкиваются с отрицательными температурами, сильными ветрами и очень длинной продолжительностью дня.

Colobanthus quitensis (Kunth) Bartl. (семейство Caryophyllaceae) является одним из двух сосудистых растений, которые естественным образом смогли колонизировать скудные свободные ото льда территории Антарктики. Большинство выявленных адаптационных особенностей данного растения являются биохимическими и физиологическими, например, высокая антиоксидантная способность. Что пробуждает повышенный интерес к изучению данного растения с точки зрения эмбриологии.

Целью проведенного исследования явилось изучение особенностей семенной репродукции растений *C. quitensis*, 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 *C. quitensis*, 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 37 научных работ, из них 34 на иностранных языках.

Основное содержание работы. В разделе «Обзор литературы» бакалаврской работы приводится анализ литературы по вопросам, касающихся экологии и физиологии флоры Антарктиды (Billings 1968, Alberdi 2002, Bravo 2007, Edwards 1972, Longton 1979), адаптаций антарктических сосудистых растений к неблагоприятным условиям (ClementeMoreno 2020, Contreras 2019, Gómez-Espinoza 2021, Kataria 2014, Lütz 2008, Olave-Concha 2004), и особенностей репродукции (Convey 1996, Day 1999, Parnikoza 2011, Giełwanowska 2007, 2011).

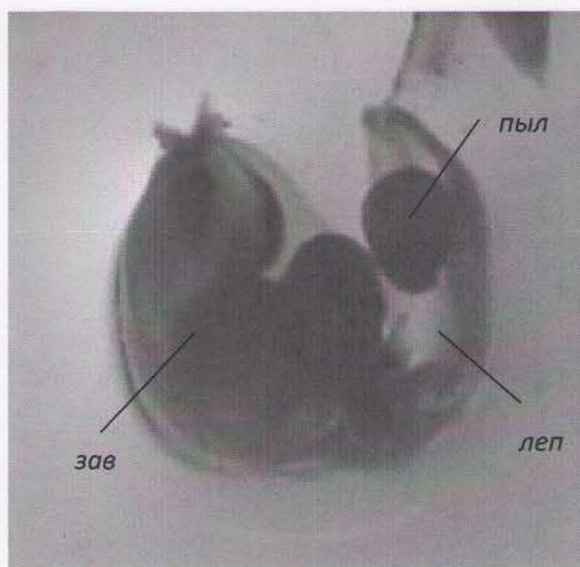
Объектами исследования в выпускной квалификационной работе являлись растения *C. quitensis*, произрастающие на островах Галиндез, Скуа, Дарбо и мысе Перес. Растения были зафиксированы в местах их естественного произрастания в период цветения в 2006, 2014 гг. Фиксацию проводили ацетоалкоголем (3:1).

Для выявления эмбриологических особенностей растений антарктических популяций *C. quitensis* проводили цитоэмбриологический анализ структуры мужской и женской генеративной сферы. Качество пыльцы изучали на глицерин-желатиновых препаратах зрелой пыльцы, окрашенной кармином (Юдакова и др., 2012). Структуру семязачатков и зародышевых мешков анализировали на просветленных препаратах семязачатков (Юдакова и др., 2012). Микроскопический анализ проводили на исследовательских микроскопах «AxioStarPlus» 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.

Цитоэмбриологический анализ *C. quitensis* показал, что цветки растений исследованных популяций имеют типичное для данного вида строение (рис. 3). Они содержат одну крупную завязь и 5 тычинок. Пыльники небольшого размера, количество пыльцы в них составляет всего в среднем около 20 шт., что характерно для клейстогамии. Цветки во время цветения не открывались, что также подтверждает клейстогамию.



а



б

в

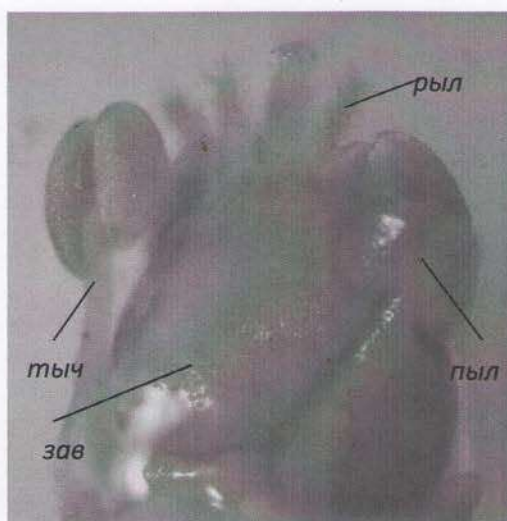


Рисунок 1 а - бутон; б - препарированный цветок; в -
цветок с удаленными лепестками
(пыл - пыльник; зав - завязь; леп - лепесток; тыч -
тычинка; рыл - рыльцы)

Рисунок 3 - Цветок *C. quitensis*

В пыльниках все изученных растений наряду с нормальной выполненной пылью присутствовали стерильные пыльцевые зерна (табл. 2). У растений с острова Галиндез степень дефектности варьировала от 14,3 до 43,3%, с о.Скуа - от 7,0 до 37,0%. Среди собранных видеобразцов с о. Дарбо и мыса Перес Антактического полуострова присутствовало только по одному растению на стадии цветения. Качество пыльцы в обоих случаях оказалось низким о. Дарбо - 25%, м. Перес - 53% (табл. 2).

Таблица 2- Качество пыльцы растений *C. quitensis*

№ растения	Количество пыльцевых зёрен										СДП, %
	всего, шт	нор- маль- ных, %	дефектных, %								
			A1	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	
о.Галиндез											
1	100,0	72,0	3,0	3,0	0,0	14,0	2,0	0,0	6,0	0,0	28,0
2	100,0	78,0	4,0	7,0	0,0	7,0	0,0	0,0	4,0	0,0	22,0
3	100,0	60,0	14,0	11,0	0,0	6,0	0,0	0,0	9,0	0,0	40,0
4	45,0	36,0	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	14,3
5	76,0	43,0	16,0	5,0	0,0	8,0	0,0	0,0	3,0	1,0	43,4
о.Скуа											
1	100,0	88,0	0,0	11,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
2	100,0	63,0	1,0	2,0	0,0	30,0	0,0	0,0	4,0	0,0	37,0
3	100,0	65,0	8,0	2,0	2,0	14,0	2,0	0,0	6,0	1,0	35,0
4	100,0	90,0	3,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	10,0
5	100,0	93,0	1,0	5,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
мыс Перес											
1	66,0	31,0	2,0	2,0	2,0	19,0	0,0	0,0	8,0	2,0	53,0
о.Дарбо											
1	53,0	40,0	9,0	1,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	24,5

Примечание: А – выполненные, хорошо окрашенные пыльцевые зерна; В - пыльцевые зерна с плазмоллизом; С - пустые пыльцевые зерна. По размеру ПЗ делятся на крупные (1), средние (2), мелкие (3).

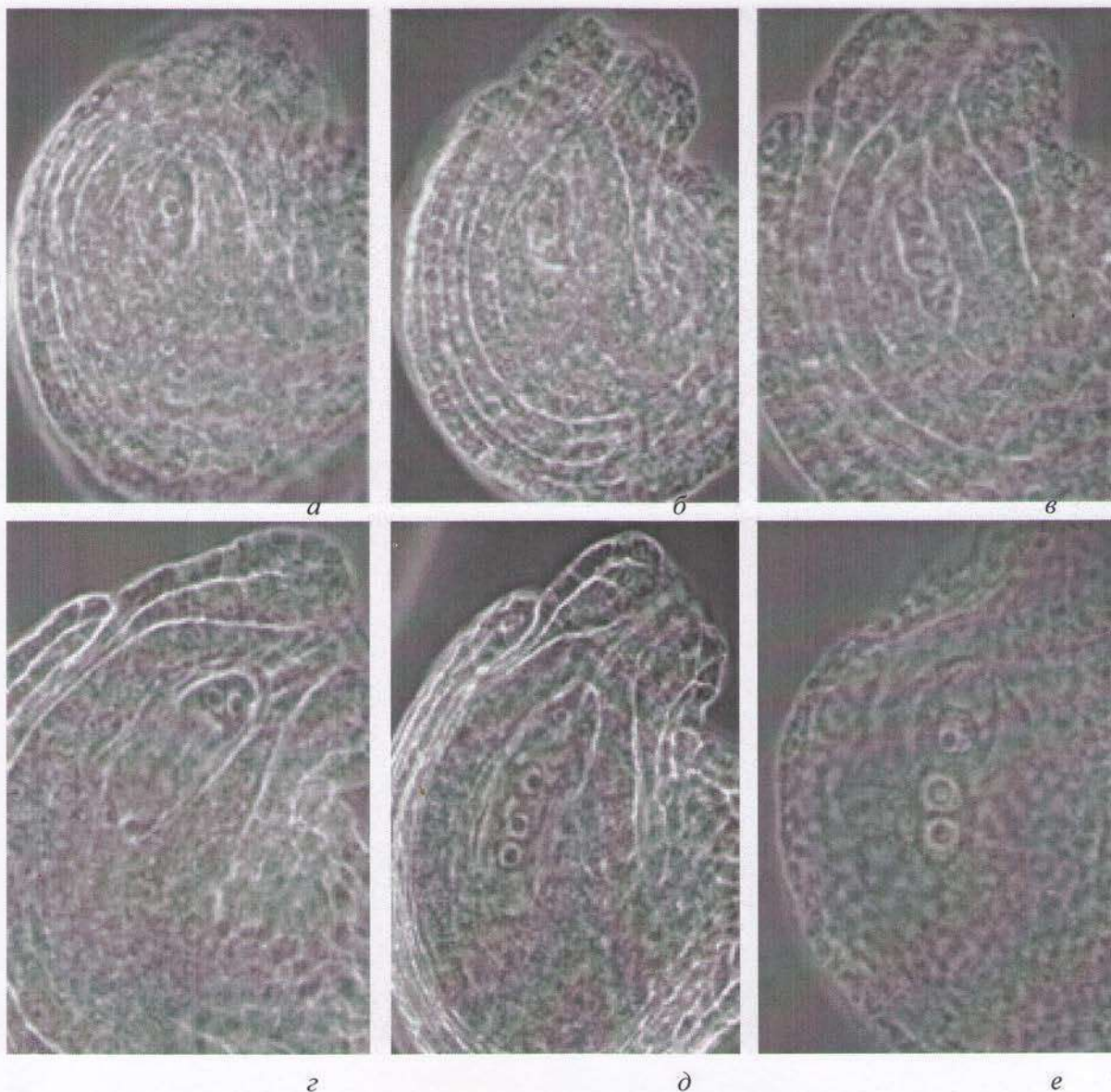
Дальнейший анализ женской генеративной сферы растений показал, что наиболее высокие показатели СДП имели растения, находящиеся на стадиях эмбрио- и эндоспермогенеза. В это время у оставшихся в пыльниках пыльцевых зерен начинаются естественные процессы дегенерации. В связи с этим растения, у которых в завязях преобладали семязачатки с зародышем и эндоспермом, исключали при подсчете средних показателей качества пыльцы (табл. 3). Средняя степень дефектности у растений, собранных на с.о.Галиндез составила - 26,9%; с.о.Скуа - 16,0%, с.о.Дарбо - 24,5%.

Таблица 3 - Состояние женской и мужской генеративных сфер изученных растений *C. quitensis*

№ растения	СДП,%	Количество зародышевых мешков			
		всего, шт.	зрелых, %	с зародышем и эндоспермом, %	дегенерировавших, %
о.Галиндез					
1	28,0	22,0	100,0	0,0	0,0
2	22,0	21,0	0,0	33,3	66,6
3	40,0	3,0	0,0	100,0	0,0
4	14,3	29,0	79,3	13,8	6,9
5	43,4	26,0	96,2	3,9	0,0
Всего	26,9	101,0	69,3	14,9	15,9
о.Скуа					
1	12,0	12,0	83,3	0,0	16,7
2	37,0	23,0	0,0	52,2	47,8
3	35,0	18,0	77,8	0,0	22,2
4	10,0	14,0	92,9	7,3	0,0
5	7,0	5,0	40,0	0,0	60,0
Всего	16,0	72,0	54,1	18,0	27,8
Мыс Перес					
1	53,0	13,0	0,0	92,3	7,7
2	-*	13,0	0,0	7,7	30,8
Всего	-	26,0	0,0	80,8	19,2
о.Дарбо					
1	-**	30,0	0,0	90,0	10,0
2	24,5	7,0	0,0	71,3	28,6
Всего	24,5	37,0	0,0	86,5	13,5

Примечание: * Растение зафиксировано на ранних стадиях эмбриологического развития, когда пыльники находились на стадии микроспорогенеза. ** В пыльниках полностью отсутствовала пыльца.

Семязачатки *C. quitensis* кампилотропные, красинуцеллятные с двумя двуслойными интегументами. На стадии материнской клетки мегаспор апикальная часть внутреннего интегумента разрасталась, становилась четырех-пятислойной, образуя оперкулум (рис.4).



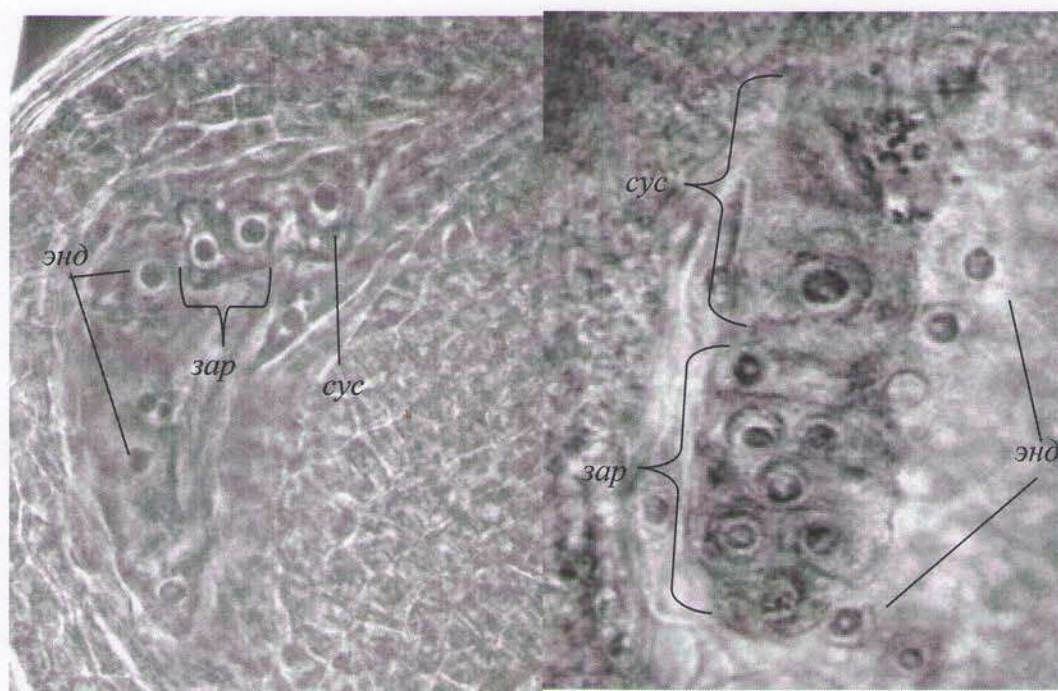
а - археспориальная клетка; б-тетрада мегаспор; в-д - двух-, четырех и восьмиядерный зародышевый мешок; е - зрелый зародышевый мешок

Рисунок 4 - Развитие зародышевых мешков в семязачатках *C. quitensis*

Мегагаметофитогенез протекает в соответствие с Polygonum-типом (рис.4). Зародышевый мешок восьмиядерный, состоящий из двуядерной

центральной клетки, трех антипод, яйцеклетки и двух синергид. По мере созревания мегagamетофита наблюдалась дегенерация антипод (рис.4, e).

Развитие зародыша происходит в соответствии с Caryophyllad-типом, при котором первая горизонтальная перегородка делит зиготу на базальную и апикальную клетки. Апикальная клетка дает начало зародышу, а базальная становится суспензором, разрастается и выполняет гаусториальную функцию. У изученных растений встречались как одноклеточные суспензоры, так и состоящие из нескольких одноядерных многоядрышковых клеток (рис. 5). Эндосперм нуклеарного типа, эфемерный, в зрелых семенах отсутствует. Питательные вещества, необходимые для прорастания проростка, накапливаются в перисперме.



сус - суспензор; зар - зародыш; - ядра эндосперма

Рисунок 5 - Зародышевые мешки *C. quitensis* на стадии эмбрио- и эндоспермогенеза



Рисунок 6 - Семязачаток *C. quitensis* с дегенерировавшим зародышевым мешком (дегзм)



Рисунок 7 - Количество дегенерировавших мужских и женских гаметофитов у изученных растений *C. quitensis*

У всех исследованных растений обнаружены семязачатки с признаки дегенерации зародышевого мешка (табл. 3). Причем, в таких семязачатках клетки нуцеллуса и интегументов выглядели вполне жизнеспособными (рис. 6). Хорошо известный факт, что в случае отсутствия опыления в семязачатках в первую очередь дегенерируют зародышевые мешки. Учитывая высокую СДП изученных растений (рис. 7), значительная задержка опыления, как причина гибели зародышевых мешков у них, представляется вполне вероятной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ изученных растений *C.*, произрастающих на разных островах Морской Антарктики, не выявил отличий между ними на эмбриологическом уровне. В целом они характеризуются типичными для гвоздичных особенностями строения и развития семязачатков, пыльцевых зерен, зародышевых мешков, зародыша и эндосперма. Не зарегистрировано каких-либо новообразований, повышающих устойчивость и эффективность системы репродукции. Судя по всему, достижению репродуктивного успеха *C. quitensis* способствует ряд универсальных репродуктивных и эмбриологических особенностей, типичных для покрытосеменных, произрастающих в неблагоприятных условиях среды. Опыление является одним из наиболее зависимых от внешних факторов репродуктивных процессов. Следовательно, в неблагоприятной среде адаптационные изменения в первую очередь должны быть направлены на обеспечение надежности и результативности опыления. Результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что для решения этой проблемы растения антарктических популяций *C. quitensis* используют универсальный способ – переход на самоопыление в закрытых цветках, т. е. клейстогамию.

Цветок *C. quitensis* максимально приспособлен к самоопылению. Завязь имеет сидячие рыльца, на уровне которых располагаются пыльники. Опыление в закрытых цветках и контакт рылец и пыльников сокращают время воздействия внешних факторов на пыльцевые зерна и увеличивают шансы их попадания на рыльце. Отсутствие столбика способствует ускорению процессов опыления и оплодотворения, поскольку уменьшается расстояние, которое должны пройти пыльцевые трубки от рылец до семязачатков.

Однако даже у такого адаптированного к условиям Антарктики вида, как *C. quitensis*, экстремальные факторы, и, прежде всего, низкие температуры в период вегетации, не позволяют ему в полной мере реализовывать свой репродуктивный потенциал. Температурный стресс у растений, как правило, вызывает гибель всех или части зрелых пыльцевых зерен, зародышевых

мешков и семязачатков. *C. quitensis* не стал исключением из этого правила. Как показал проведенный анализ, у изученных растений в среднем дегенерировало от 16 до 25% пыльцевых зерен и от 14 до 28% зародышевых мешков.

При условии возобновления тренда к повышению температуры в регионе вполне оправданно ожидать увеличения семенной продуктивности растений и, как следствие, дальнейшей экспансии *C. quitensis* в Антарктическом регионе.

ВЫВОДЫ

1. Исследованные растения антарктической популяции *C. quitensis* характеризуются половым способом семенной репродукции, о чем свидетельствует отсутствие эмбриологических признаков апомиксиса, зарегистрированные случаи двойного оплодотворения и дегенерация неоплодотворенных зародышевых мешков.

2. Отличительными особенностями эмбриологического развития *C. quitensis* являются: не раскрытие цветков во время цветения и образование небольшого количества пыльцы в пыльниках (в среднем 20 штук), что характерно для клейстогамных растений. Клейстогамия является основным адаптивным признаком *C. quitensis*, обеспечивающим успешную репродукцию растений в суровых условиях Морской Антарктики.

3. Высокая степень дефектности пыльцы и неоплодотворенных зародышевых мешков (до 25%) свидетельствует о том, что у растений *C. quitensis*, произрастающих в Морской Антарктике, не полностью реализуется репродуктивный потенциал.

