

Список литературы

- Бекетовский А. Н. К вопросу о партенокарпии *Salix alba* L., *S. capreae* L., *Populus alba* L., *Ulmus campestris* L. // Бот. журн. СССР. 1932. Вып. 17. С. 358–400.
- Кочанова И. С., Кириллова И. М. Особенности семенного размножения в популяциях *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. на юго-восточной границе ареала // Апомиксис и репродуктивная биология : материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения С. С. Хохлова, 29 сентября–1 октября 2010 г. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2010. С. 166–168.
- Кочанова И. С., Лисицкая Н. М., Кашин А. С. Степень распространения гаметофитного апомиксиса у представителей семейства Asteraceae во флоре Краснодарского края // Апомиксис и репродуктивная биология : материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения С. С. Хохлова, 29 сентября–1 октября 2010 г. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2010. С. 169–172.
- Угольников Е. В., Кашин А. С. Исследование частоты апомиксиса *Salix acutifolia* Willd. // Бюл. Бот. сада. СГУ. 2010. Вып. 9. С. 181–185.
- Федорова-Саркисова О. В. Об апогамии у ив // Тр. Ин-та исслед. по лес. хоз-ву и лес. пром. 1931. Вып. 10. С. 59–63.
- Хохлов С. С., Зайцева М. И., Курянов П. Г. Выявление апомиктических растений во флоре цветковых растений СССР. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1978. 224 с.
- Herr J. M. A new clearing squash technique for the study of ovule development in angiosperms // Amer. J. Bot. 1971. Vol. 58. P. 785–790.

УДК 581.331

КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ
МИКРОГАМЕТОФИТА У АНТАРКТИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ
DESCHAMPSIA ANTARCTICA E.DESV.

О. И. Юдакова¹, Т. Н. Шакина¹, В. С. Тырнов¹,
В. А. Кунах², И. А. Козерецкая³, И. Ю. Парникоза²

¹Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83
e-mail: yudakovaoi@info.sgu.ru; shakinatn@rambler.ru

²Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины
03680, Украина, г. Киев, ул. Заболотного, 150; e-mail: kunakh@imb.org.ua

³Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко
01033, Украина, г. Киев, ул. Владимирская, 64; e-mail: kozeri@gmail.com

В статье представлены результаты цитоэмбриологического анализа качества пыльцы и структуры микрогаметофитов у антарктических популяций *Deschampsia antarctica* E. Desv. Установлено, что, несмотря на суровые условия обитания, процессы микрогаметофитогенеза у изученных растений про-

текают без нарушений. В то же время в зрелых пыльниках большой процент составляют пыльцевые зерна с различной степенью плазмолиза цитоплазмы или полностью дегенерировавшие. У отдельных экземпляров в пыльниках формировалось менее 10% полноценной пыльцы. Высокая частота дегенерации зрелых пыльцевых зерен может быть фактором, снижающим семенную продуктивность.

Ключевые слова: микрогаметофитогенез, пыльца, злаки, антарктические виды, *Deschampsia antarctica*.

POLLEN QUALITY AND MICROGAMETOPHYTE STRUCTURE
PECULIARITY IN ANTARCTIC POPULATIONS
OF *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* E. DESV.

**O. I. Yudakova, T. N. Shakina, V. S. Tyrnov,
V. A. Kunah, I. A. Kozeretskaya, I. Y. Parnikoza**

The pollen quality and microgametophyte structure in Antarctic populations of *Deschampsia antarctica* E.Desv. was investigated. It was found that, the microsporogenesis occur without disturbances despite the harsh living conditions of the studied plants. At the same time many mature pollen grains were degenerated or were characterized by cytoplasm plasmolysis. Normal pollen grains were less than 10% in some plants. High frequency of mature pollen degeneration may be a factor that reduces seed production.

Key words: microgametophytogenesis, pollen, grasses, Antarctic species, *Deschampsia antarctica*.

Deschampsia antarctica E. Desv. является чрезвычайно интересным объектом для изучения механизмов адаптации растений к неблагоприятным условиям окружающей среды: низким температурам, недостатку влаги и высокому уровню радиации (Edwards, Smith, 1988; Bystrzejewska, 2001; Alberdi et al., 2002; Barcikowski et al., 2003; Reyes et al., 2003; Zuniga-Feest et al., 2003; Olave-Concha et al., 2004). Именно такими климатическими условиями характеризуется Антарктический регион – ареал распространения этого вида. Только два представителя покрытосеменных растений – *D. antarctica* и *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. оказались способными выживать в суровом климате Антарктиды. Одной из важных составляющих адаптивного потенциала растений является эффективность системы размножения. Имеющиеся на данный момент сведения об эмбриологии этих видов (Gielwanowska et al., 2007), к сожалению, еще не позволяют установить, какие адаптивные механизмы обеспечивают успешное размножение их в неблагоприятных условиях окружающей

среды. В этой статье мы представляем результаты исследования качества пыльцы и особенностей структуры микрогаметофитов растений антарктических популяций *D. antarctica*.

Материал и методы

Объектом исследования послужили растения популяций *D. antarctica*, произрастающих на островах Антарктического архипелага: о. Галиндез, о. Короля Георга, о. Капу Перес. Сбор и фиксацию соцветий проводили в разгар цветения. Из зафиксированных соцветий были приготовлены глицерин–желатиновые препараты пыльцы, окрашенной ацетокармином. В ходе проведенного исследования анализировали структуру микрогаметофитов, определяли степень дефектности пыльцы растений (СДП) и размер пыльцевых зерен с помощью модуля «Автоматическое измерение» программы визуализации изображения «Axiovision». СДП растений вычисляли как процент дефектных пыльцевых зерен от общего количества исследованных.

Результаты и их обсуждение

Растения изученных популяций *D. antarctica* были зафиксированы в разгар цветения, когда в пыльниках присутствовала двухклеточная или зрелая пыльца. На этих стадиях развития пыльцевые зерна имели типичное для злаков строение. В двухклеточном микрогаметофите небольшая генеративная клетка располагалась рядом с оболочкой, тогда как крупная вегетативная клетка занимала практически весь объем пыльцевого зерна. Зрелые микрогаметофиты были однопоровыми и трехклеточными. Для многих представителей семейства Poaceae характерно изменение формы спермиев по мере созревания пыльцы. Аналогичная особенность присуща и *D. antarctica*. Сразу после деления генеративной клетки спермии имели округлую форму, затем они вытягивались и становились веретенообразными. Ни в одном из проанализированных микрогаметофитов не было обнаружено каких-либо отклонений от нормы, касающихся морфологии или количества спермиев и вегетативных клеток.

В то же время большая часть пыльцы растений изученных популяций (более 80%) характеризовалась различной степенью плазмолиза (таблица). В единичных пыльцевых зернах содержимое полностью дегенерировало. Растения, произрастающие на о. Короля Георга, достоверно отличалась от растений двух других популяций более высокой СПД (95,6%). Можно предположить, по меньшей мере, две причины низкого качества пыльцы: 1) дегенерация пыльцевых зерен с несбалансированным числом хромосом, которые сформировались вследствие аномалий мейоза; 2) дегенерация нормальной зрелой пыльцы под влиянием небла-

гоприятных внешних факторов (например, заморозки во время цветения или осмотического стресс).

**Степень дефектности и размер пыльцы растений
островных популяций *D. antarctica***

Место обитания популяции	Средняя СДП растений популяции, %	Размер пыльцевых зерен	
		мкм	CV, %
о. Галиндез	80,9	24,7±2,0	8,1
о. Короля Георга	95,6***	26,1±1,9	7,2
о. Капу Перес	86,4	25,5±2,2	7,4

Примечание: *** различия с другими популяциями достоверны на уровне значимости 0,001.

Поскольку материал не был исследован на ранних стадиях развития мужской генеративной сферы, нельзя с полной уверенностью говорить о том, что процессы микроспорогенеза осуществлялись у изученных растений без нарушений. Тем не менее косвенные данные указывают именно на это. Дело в том, что нарушения расхождения хромосом в мейозе приводят к формированию в пределах одного пыльника пыльцевых зерен с разным уровнем пloidности (гаплоидных, анеуплоидных, диплоидных). Как известно, размер клеток коррелирует с пloidностью ядра. В связи с этим следствием нарушения мейоза, как правило, является варьирование размеров микрогаметофитов в пределах одного пыльника (Шишкинская и др., 2004; Юдакова, Шишкинская, 2008; Юдакова, 2009). Морфометрический анализ пыльцы растений антарктических популяций *D. antarctica* такого варьирования не выявил. В пыльниках пыльцевые зерна практически не отличались друг от друга по размеру, коэффициент вариации диаметра микрогаметофитов не превышал 8% (см. таблицу).

Низкое качество пыльцы вследствие нарушения процессов расхождения хромосом в мейозе присуще апомиктичным формам (Куприянов, 1983). У *D. antarctica* апомиксис как возможную причину дегенерации пыльцы позволяют исключить данные проведенного нами предварительного анализа женской генеративной сферы растений. Полученные результаты указывают на половой способ репродукции.

Выводы

Исходя из того что и выполненные, и плазмолизированные пыльцевые зерна *D. antarctica* имели типичное для злаков строение, можно предположить, что наиболее вероятной причиной низкого качества пыльцы является неблагоприятное влияние внешних факторов среды на

зрелые мужские гаметофиты. Высокая частота образования дефектных пыльцевых зерен может существенно нарушить процессы опыления и оплодотворения. В некоторой степени сложности в осуществлении семенной репродукции способно компенсировать вегетативное размножение, характерное для этого вида. В то же время низкая семенная продуктивность растений исследованных популяций может быть одним из лимитирующих факторов, который обуславливает низкую плотность особей в популяции и препятствует широкому распространению этого вида.

Список литературы

Куприянов П. Г. Соотносительная роль факторов, вызывающих появление дефектных пыльцевых зерен у растений в природе // Апомиксис и цитозембриология растений. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1983. Вып.5. С. 3–33.

Шишкинская Н. А., Юдакова О. Ю., Тырнов В. С. Популяционная эмбриология и апомиксис у злаков. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2004. 145 с.

Юдакова О. И. Методы цитозембриологического анализа. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1999. 19 с.

Юдакова О. И. Эмбриологические особенности системы семенной репродукции факультативно апомиктичных злаков : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Саратов, 2009. 40 с.

Юдакова О. И., Шишкинская Н. А. Эмбриологические особенности апомиктичных злаков. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. 105 с.

Alberdi M., Bravo L. A., Gutiérrez A. Ecophysiology of Antarctic vascular plants // *Physiologia Plantarum*. 2002. Vol. 115, № 4. P. 479–486.

Barcikowski A., Czapiewska J., Loro P., Łyszkiewicz A., Smykla J., Wojciechowski A. Ecological variability of *Deschampsia antarctica* in the area of Admiralty Bay (King George Island, Maritime Antarctic) // *Problems of grass biology* /ed. L. Frey. Krakow, 2003. P. 383–396.

Bystrzejewska G. Photosynthetic temperature response of antarctic plant *Deschampsia antarctica* and of temperate region plant *Deschampsia cespitosa* // *Pol. J. Ecol.* 2001. № 49. P. 215–219.

Gielwanowska I., Bochenek A., Szezuca E. Development of the pollen in the Antarctic flowering plant *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. // *Acta Agrobotanica*. 2007. Vol. 60, № 2. P. 3–8.

Edwards J. A., Smith L. R. J. Photosynthesis and respiration of *Colobanthus quitensis* and *Deschampsia antarctica* from the maritime Antarctic // *Brit. Antarct. Surv. Bull.* 1988. № 81. P. 43–63.

Olave-Concha N., Bravo L. A., Ruiz-Lara S., Corcuera L. J. Differential accumulation of dehydrin like proteins by abiotic stresses in *Deschampsia antarctica* Desv. // *Ant. Sci.* 2004. Vol. 28. P. 506–513.

Reyes M. A., Corcuera L. J., Cardemil L. Accumulation of HSP70 in *Deschampsia antarctica* Desv. leaves under thermal stress // *Ant. Sci.* 2003. Vol. 15. P. 345–352.

Zumiga-Feest A., Inostroza P., Vega M., Bravo L. A., Corcuera L. J. Sugars and enzyme activity in the grass *Deschampsia antarctica* // *Ant. Sci.* 2003. Vol. 15. P. 483–491.