

П. М. ЖУКОВСКИЙ и Ж. МЕДВЕДЕВ

ВНЕПЛАСТИДНЫЕ КАРОТИНОИДЫ И СПОРОГЕНЕЗ

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 6 XI 1948)

Первое сообщение о зависимости спорогенеза от каротиноидов (вероятно, от продуктов их распада) было опубликовано нами недавно (1). Настоящее второе сообщение служит подтверждением высказанных ранее положений.

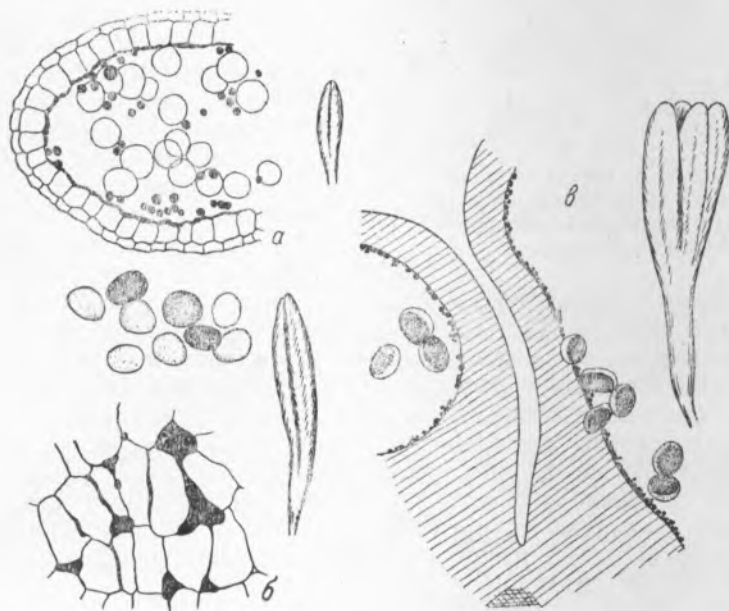


Рис. 1. Фазы развития цветка (бутона) желтой лилии (*Hermerocallis fulva*) и соответствующие им стадии микроспорогенеза: *a* — часть пыльцевого гнезда с разрыхляющимися молодыми пыльцевыми зёрнами (слой масла с каротиноидами в тапетуме и капли масла в гнезде зачернены); *б* — ткань тапетума и формирующаяся пыльца (масло зачернено; степень пропитывания пыльцы маслом и каротиноидами показана густотой точек); *в* — части двух пыльцевых гнезд с готовыми пыльцевыми зёрнами (масло вокруг гнезд зачернено; светлые ободки на микроспорах окрашены каротиноидами в желтый цвет). Заштрихован мезофилл. (Ориг.)

Микроскопическое и биохимическое исследование пыльников многих видов покрытосеменных, а также спорангиев некоторых видов равноспоровых папоротников показало, что на всех стадиях развития тапетума, спорогенной ткани и спор (пыльцы) имеет место взаимодействие их с внепластидными каротиноидами, растворенными в каплях жирного

масла. Эти жировые капли окрашены в желтый и оранжевый цвета. В ряде случаев ясно заметно увеличение интенсивности окраски от светложелтой до оранжевой (в процессе спорогенеза). У покрытосеменных растений, как правило, масло в изобилии высачивается клетками выстилающего слоя (тапетума), что

легко обнаруживается на живом препарате при воздействии реактивом судана III.

Приводимые рисунки показывают, что первоначально масло обильно именно в ткани тапетума, откуда оно высачивается в спорогенную ткань. Для наглядности на рис. 1 показаны фазы развития бутона у так называемой желтой лилии (*Nemerocallis fulva*) и соответственно фазы развития пыльцевых гнезд.

В спорогенной ткани масло характерно до самых последних стадий спорогенеза. По мере развития пыльцевого гнезда капли масла укрупняются и отчетливо видны даже без окраски между разрыхляющимися клетками тетрад и вокруг отдельных микроспор. Жировая эмульсия сохраняет оранжевую окраску до окончательного формирования пыльцевых зерен. Последние сначала бесцветны, но постепенно впитывают масло и приобретают желтую окраску.

Почти все количество пигментов, ответственных за желтую или оранжевую окраску пыльников, растворено в масляных каплях, т. е. находится вне пластид. Пластидное состояние каротиноидов характерно для ассимилирующих органов, для корня моркови, зрелых плодов многих растений. Еще Цвет доказал, что пигменты находятся в пластидах в адсорбированном состоянии. По данным других авторов, каротиноиды в пластидах связаны адсорбционно с белком. В жировых каплях тапетума пыльцевого гнезда они находятся просто в растворенном состоянии. Такое различие в физическом состоянии пигментов предполагает, повидимому, различие их превращений и функций. Из фотохимии известно, что фотораспад адсорбированных и просто растворенных красителей происходит различно.

Таблица 1

Концентрация внепластидных каротиноидов в период микро-спорогенеза в пыльниках (в миллиграммах на 100 г сырого веса)

Название растения	Каротин	Фитоксантин
Желтый морской мак (<i>Glaucium flavum</i>)	33,3	2,52
Зверобой (<i>Hypericum calycinum</i>)	12,68	3,52
Царский скипетр (<i>Verbascum orientale</i>)	117,5	1,01
Акант (<i>Acanthus mollis</i>)	18,04	2,92
Желтая лилия (фертильная) (<i>Nemerocallis fulva</i>)	33,23	7,5
Львиный зев (<i>Anthirrhinum majus</i>)	2,71	6,1
Золотой дождь (<i>Laburnum anagyroides</i>)	39,95	10,04
Шиповник (<i>Rosa sp.</i>)	16,42	2,76
Дейция (<i>Deutzia scabra</i>)	16,79	6,25

Анализы на каротиноиды проводились нами хроматографическим методом, количественное определение их — колориметрически, путем сравнения со стандартным раствором азобензола (14,5 мг на 100 г спирта). Анализы показали, что оранжевая окраска жировых капель обусловлена преимущественно каротином. Если припомнить (1), что каротин (в виде гематохрома) накапливается также в масляной эмуль-

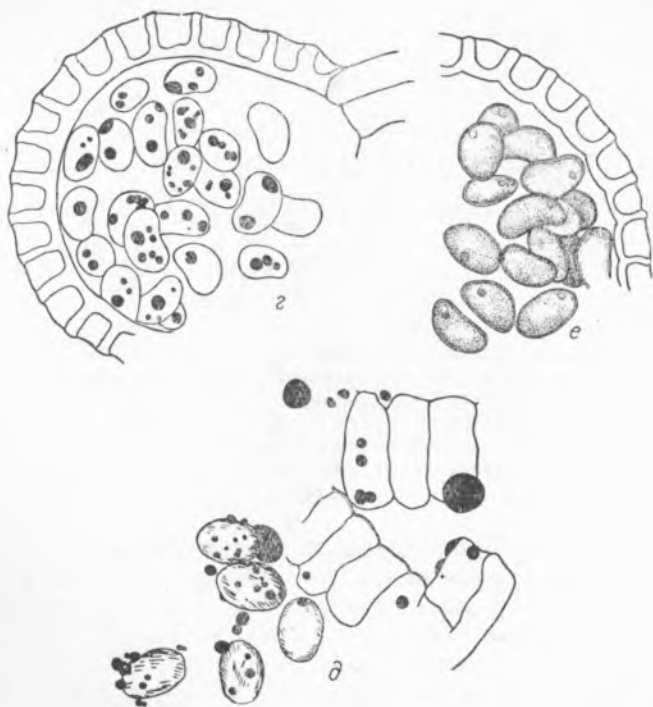


Рис. 3. Части спорангиев папоротника (*Aspidium filix mas*): *z* — молодые споры, окруженные каплями масла с каротиноидами (масло зачернено); *d* — пропитывание спор маслом; *e* — готовые споры, пигментированные каротиноидами в жировой эмульсии. (Ориг.)

сии в зиготе многих водорослей перед мейозисом (при прорастании зиготы), можно не без основания считать, что редукционное деление ядра связано с динамикой каротиноидов.

Помимо видов, для которых были произведены измерения, мы исследовали много других видов (из разных семейств покрытосеменных) на присутствие масляных желтых и оранжевых капель в тапетуме и спорогенной ткани. Всюду результаты были положительные (исследования производились в Москве и в Никитском ботаническом саду в лаборатории д-ра В. И. Нилова). Эти виды следующие: арахис (*Arachis hypogaea*, клейстогамные цветки), виды мака (*Papaver orientale*, *Roemeria rhoeadiflora*), клубненосные дикие виды картофеля (*Solanum deplexum*, *S. Schreiteri*), подсолнечник (*Helianthus annuus*), бривония белая (*Bryonia alba*) (рис. 2), маслина (*Olea europea*), тыква (*Cucurbita pepo*), виды колокольчика (*Campanula*), юкка (*Yucca gloriosa*), ладанник (*Cistus tauricus*).

Из равноспоровых папоротников были исследованы *Aspidium filix mas* и *Anthyrium filix femina* (рис. 3 и 4).

Выяснилось также, что внепластидные каротиноиды пыльцевых гнезд присутствуют в клеточном соке и в межклеточных ходах и полостях. Для доказательства этого явления, легко наблюдаемого под микроскопом, было собрано около 100 г пыльников морского мака

(*Glaucium flavum*). Применяя осторожное давление до 30 атм. под прессом, удалось добиться выделения только межклеточного и клеточного сока, при полной неповрежденности клеток тканей пыльника. Сок представлял собой густую желтую жировую эмульсию (чернеет от 1% осмиевой кислоты и краснеет от судана III). Капли жира отлично вид-

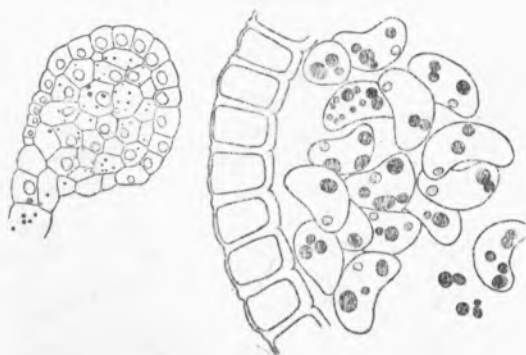


Рис. 4. Слева — спорангий папоротника (*Anthyrium filix femina*) в начальной стадии спорогенеза (капли масла с каротиноидами зачернены) (малое увеличение); справа — часть спорангия с молодыми разрывающимися спорами, окруженными каплями масла с каротиноидами (масло зачернено) (увел.). (Ориг.)

ны под микроскопом. При стоянии или центрифугировании на поверхности отслаивается оранжево-красная жировая пленка. Анализ этой пленки показал, что ее окраска обусловлена каротином, концентрация которого в такой пленке огромна — до 300 мг на 100 г.

Наибольшая концентрация каротина (неизвестная еще в литературе), по нашим данным, — это 460,8 мг% на 100 г сырого веса зрелых пыльников. *Verbascum orientale*. При нанесении пыльцы на рыльце она выделяет оранжевые жировые капельки. Каротин на свету подвергается явственному распаду и продукты распада используются, вероятно, на прорастание пыльцы.

Московская сельскохозяйственная академия
им. К. А. Тимирязева

Поступило
6 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. М. Жуковский и Ж. Медведев, Усп. соврем. биол., в. 1 (4) (1948).
С. И. Лебедев, ДАН, 59, № 5 (1948).