



БИОЛОГИЯ

УДК 581.143.6: 58.085

ЯВЛЕНИЕ ПОЛИЭМБРИОНИИ *IN VIVO* И *IN VITRO* У АПОМИКТИЧНОЙ ЛИНИИ КУКУРУЗЫ

Т. А. Алаторцева, Н. В. Апанасова, Л. П. Лобанова

Алаторцева Татьяна Алексеевна, доцент кафедры генетики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, кандидат биологических наук. E-mail: alatorsevata@mail.ru

Апанасова Наталья Владимировна, ведущий биолог отдела генетики и репродуктивной биологии УНЦ «Ботанический сад СГУ», Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: apanasova.natasha@mail.ru

Лобанова Людмила Петровна, доцент кафедры генетики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, кандидат биологических наук. E-mail: lobanova-lp@yandex.ru

Статья посвящена изучению цитоэмбриологических предпосылок к полиэмбрионии в неопылённых завязях апомиктической линии кукурузы АТ-1 в условиях *in vitro* и *in vivo*. Для оценки роли питательной среды в индукции полиэмбрионии был проведен сравнительный анализ зародышевых мешков в завязях, культивируемых *in vitro*, и в завязях интактных растений. Прослежена динамика формирования в них апомиктических близнецовых проэмбрио. Установлено, что причиной многозародышевости у изученной линии могут быть либо независимые деления в дериватах яйцеклетки, либо деления в дополнительных яйцеклетках. Как в условиях *in vivo*, так и *in vitro* женские гаметофиты характеризуются одинаковыми особенностями развития и спектром аномалий, идентичными предпосылками к полиэмбрионии и синхронностью процессов эмбриогенеза. Это свидетельствует о сохранении в культивируемых завязях генетически детерминированной склонности к апомиксису и полиэмбрионии. Искусственная питательная среда играет в данном случае лишь трофическую роль, компенсируя отсутствие полноценного эндосперма, необходимого для развития зародышей. Роль культуры *in vitro* как фактора, индуцирующего полиэмбрионии у апомиктической линии кукурузы АТ-1, исключается.

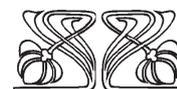
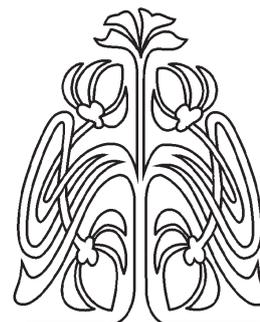
Ключевые слова: кукуруза, апомиксис, полиэмбриония, зародышевый мешок, *in vitro*, *in vivo*.

DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-4-397-404

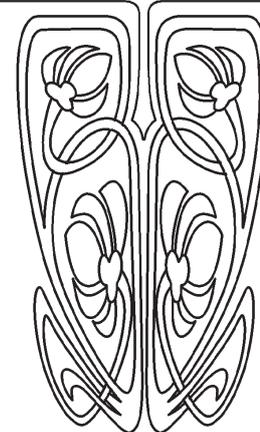
Многозародышевость, или полиэмбриония, открытая три столетия назад Антони ван Левенгуком, в настоящее время считается общеботаническим явлением и обнаружена у представителей многих семейств покрытосеменных растений [1, 2].

Как правило, полиэмбриония вызывает у исследователей только чисто научный интерес. Между тем перспективность её практического применения очевидна, например, в селекции: для получения гаплоидов и чистых линий, для улучшения посевных качеств семян и выведения высокоурожайных сортов сельскохозяйственных растений. Использовать в полной мере прикладной потенциал многозародышевости затрудняет недостаточная изученность механизмов её индукции [3].

Ряд авторов неоднократно отмечали тесную связь полиэмбрионии с апомиксисом и его элементами [4–13]. В ходе развития женских генеративных структур у апомиктических видов нередко создаются цитоэмбриологические предпосылки к полиэмбрионии. К их числу относятся: формирование нескольких зародышевых мешков в одном семязачатке, нескольких яйцеклеток в одном



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





мегагаметофите (полигаметия), яйцеклеткоподобных синергид или антипод (апогаметия) [14, 15]. В единичных случаях аналогичные явления могут иметь место и у половых видов. При этом в случае развития неоплодотворенных яйцеклеток у них могут формироваться гаплоидные близнецы. На этой закономерности основан близнецовый метод выявления гаплоидов, используемый ещё с 1933 года [16] и достаточно популярный в настоящее время. С его помощью обнаружены гаплоиды в десятках семейств и сотнях видов цветковых растений [1, 17].

Кроме того, у амфимиктичных форм многозародышевость может быть индуцирована экспериментальным воздействием: повышенной температурой [18], обработкой химическими мутагенами, физиологически активными веществами, рентгеновским облучением, а также условиями культуры *in vitro* [1, 19], когда наличие в составе питательной среды определенных фитогормонов может спровоцировать многократное «почкование» даже изолированных семязачатков [20, 21].

Целью проведенного исследования была оценка возможной индуцирующей роли условий культуры *in vitro* на возникновение предпосылок к полиэмбрионии у апомиктичной линии кукурузы АТ-1. В задачи работы входило: 1) изучить особенности строения женского гаметофита в неопыленных завязях кукурузы, развивающихся в условиях *in vivo* и *in vitro*; 2) проследить в динамике последовательные этапы развития *in vivo* и *in vitro* апомиктичных проэмбрио; 3) оценить частоту полиэмбрионии в зрелых зерновках и эксплантированных неопыленных завязях кукурузы.

Материалы и методы

Объектом исследования являлась апомиктичная линия кукурузы АТ-1, задержка опыления у которой ведет к увеличению частоты встречаемости полиэмбрионии и гаплоидии. Цитоэмбриологически подтверждено, что для линии характерен неиндуцированный тип гаплоидии. Линия сходна с псевдогамными апомиктами, у которых зародыш развивается партеногенетически, а для нормального развития эндосперма необходимо оплодотворение [22].

Растения выращивали в полевых условиях. Чтобы исключить случайное опыление, початки до начала цветения накрывали пергаментными изоляторами. За начало цветения принимали появление на початке первых пестичных нитей. Неопыленные женские соцветия фиксировали в ацеталкоголе (1: 3) темпорально через 1, 3, 5, 7, 10, 14 суток после появления пестичных нитей.

Для эксперимента *in vitro* отбирали початки спустя одни сутки после появления рылец.

Одна часть завязей от каждого початка использовалась для цитоэмбриологического анализа, другая – для культивирования.

Питательная среда содержала макро- и микроэлементы MS, витамины, сахарозу (9,0%), 2,4-Д (2,0 мг/л), агар-агар. В качестве дезинфицирующих средств для эксплантов использовали этанол (70%) и раствор натриевой соли этилмеркуртиосалициловой кислоты (30 мг/л) с последующей промывкой стерильной дистиллированной водой.

В ходе культивирования эксплантированные завязи по достижении ими «возраста» 3, 5, 7, 10, 14 суток (от момента появления рылец на початке, включая период *in vitro*) извлекали из пробирок, фиксировали в ацеталкоголе.

Из всех завязей, зафиксированных как в полевых условиях, так и после культивирования на искусственной питательной среде, выделяли зародышевые мешки методом ферментативной мацерации [23, 24]. Структуру женских гаметофитов анализировали с помощью микроскопов «AxioStar Plus» и «AxioScope» (С. Zeiss, Германия). Фотографирование осуществляли с использованием программ визуализации изображения «Zoombrowser».

Результаты и их обсуждение

В процессе исследования установлено, что к моменту появления рылец на початке зародышевые мешки были сформированы, и большинство из них имело типичное строение. Они включали яйцеклетку, две синергиды, центральную клетку с двумя полярными ядрами, около двадцати антипод (рис. 1).

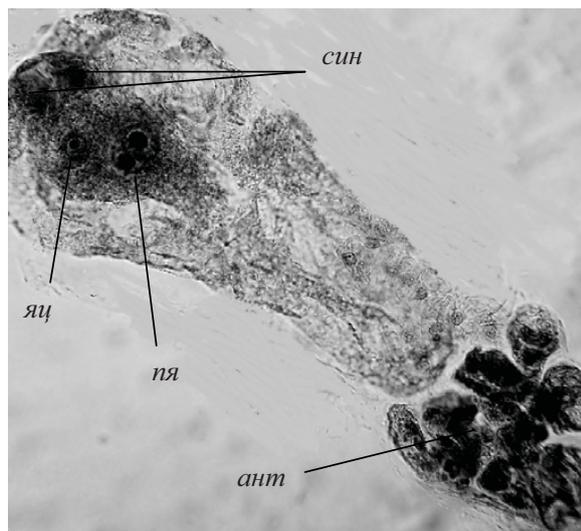


Рис. 1. Зародышевый мешок кукурузы линии АТ-1 нормального строения: *яц* – яйцеклетка, *син* – синергиды, *пя* – полярные ядра, *ант* – антиподы



При задержке опыления (трое и более суток) в завязях интактных растений и в условиях *in vitro* наряду с зародышевыми мешками нормального строения встречались мегagamетофиты с различными структурными аномалиями (рис. 2), которые могли служить предпосылками к появлению полиэмбрионов [5, 9, 14, 25, 26, 27]. К их числу можно отнести: дополнительные

яйцеклетки, одну или две яйцеклеткоподобные синергиды, дополнительные проэмбрио, проэмбрио в присутствии яйцеклетки. Формирование дополнительных яйцеклеток и яйцеклеткоподобных элементов (синергид или антипод), как правило, является результатом нарушения процессов поляризации и дифференцировки зародышевых мешков [28].

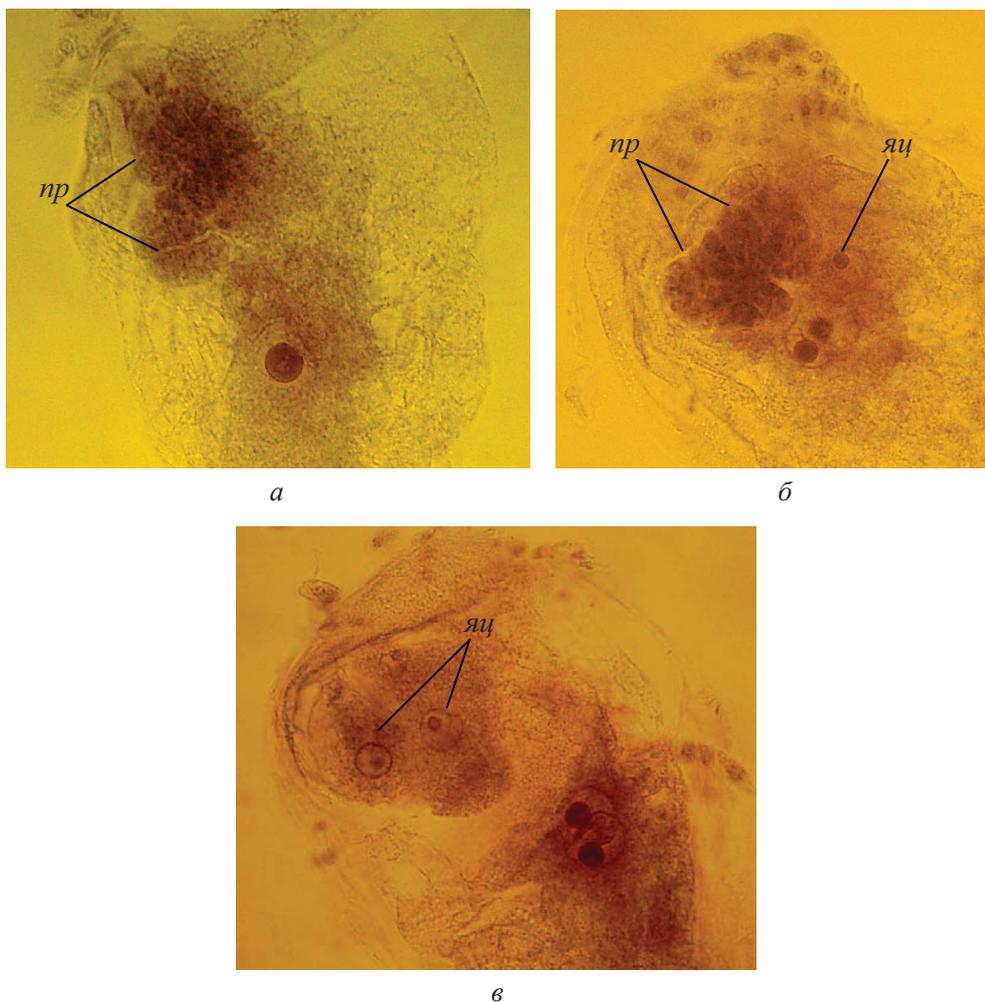


Рис. 2. Зародышевые мешки кукурузы линии АТ-1 с различными аномалиями: а – с двумя проэмбрио (*np*), б – с яйцеклеткой (*яц*) и двумя проэмбрио (*np*), в – с двумя яйцеклетками (*яц*)

Частота образования мегagamетофитов с предпосылками к полиэмбрионии была практически одинаковой, как в случае их развития на интактных растениях в поле, так и в культуре изолированных завязей *in vitro* (таблица).

Статистическая обработка результатов не выявила достоверных различий по количеству зародышевых мешков атипичного строения и по спектру аномалий, способных быть потенциальными предпосылками к полиэмбрионии.

При этом отмечается общая тенденция к возрастанию их частоты с увеличением длительности задержки опыления (рис. 3).

Кроме того, в обоих вариантах эксперимента наблюдалась сходная динамика развития партеногенетических зародышей. Неоплодотворенные яйцеклетки приступают к делению на 5–7-е сутки от момента появления пестичных нитей на початке. Яйцеклетка делится поперечной перегородкой к оси зародышевого мешка, образуя две дочерние клетки (рис. 4).



Структура зародышевых мешков в завязях кукурузы линии АТ-1 при задержке опыления в условиях *in vivo* и *in vitro*

Задержка опыления, сутки	Условия развития	Всего исследовано зародышевых мешков	Количество зародышевых мешков, %							
			типичного строения	с партеногенетическим проэмбрио	с двумя яйцеклеткоподобными синергидами	с одной яйце клеткоподобной синергидой	с двумя яйцеклетками	с двумя проэмбрио	с яйцеклеткой и проэмбрио	дегенерирующих
3	<i>in vivo</i>	109	96,3	0	0	0,9	0,9	0	0	1,8
	<i>in vitro</i>	108	95,4	0	0,9	1	0	1	0	4
5	<i>in vivo</i>	106	85,8	5,7	0,0	0,9	1,9	0,9	0,9	3,8
	<i>in vitro</i>	104	91,3	2,9	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	3,8
7	<i>in vivo</i>	105	86,7	3,8	1,0	1,9	1,0	1,0	0,0	4,8
	<i>in vitro</i>	107	88,8	2,8	1,9	0	1,9	1,9	0	2,8
10	<i>in vivo</i>	103	80,6	5,8	1,0	3,9	1,9	2,9	1,9	1,9
	<i>in vitro</i>	110	71,8	6,4	2,7	0,9	2,7	3,6	0,9	10,9
14	<i>in vivo</i>	103	69,9	4,9	0,0	5,8	4,9	2,9	1,0	10,7
	<i>in vitro</i>	107	74,8	8,4	4,7	0,0	0,0	4,7	0,9	6,5

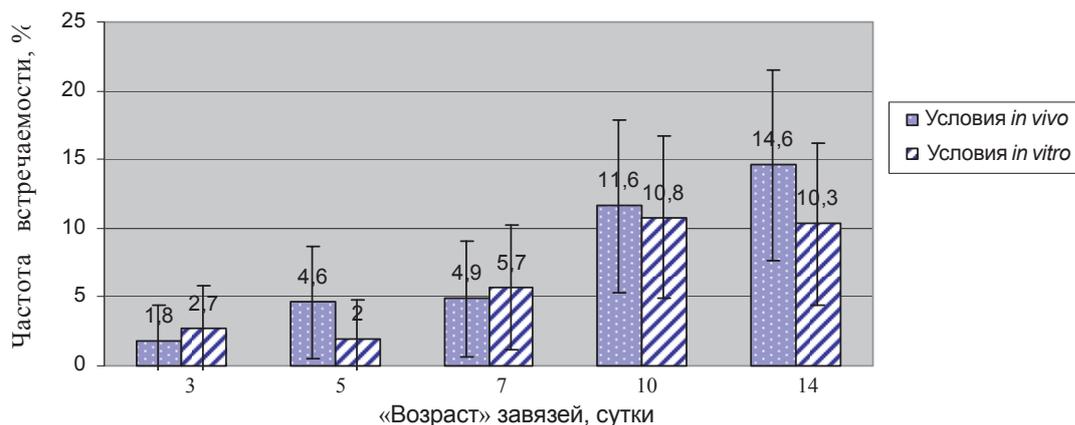


Рис. 3. Количество предпосылок к полиэмбрионии в неопылённых завязях кукурузы линии АТ-1 *in vivo* и *in vitro*

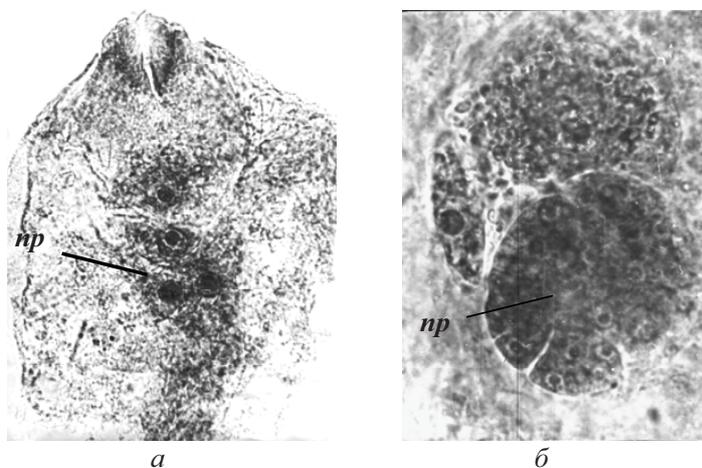


Рис. 4. Зародышевые мешки с проэмбрио (*пр*):
а – с двухклеточным проэмбрио, б – с многоклеточным проэмбрио



Затем обе или одна (чаще апикальная) клетки делятся продольно с образованием 3-4-клеточного зародыша. Последующие деления происходят в разных плоскостях. Если перегородка при первом делении яйцеклетки закладывается параллельно (или слегка под углом) к оси зародышевого мешка, то две дочерние клетки фактически становятся самостоятельными инициалами двух зародышей. Асинхронные деления в дериватах яйцеклетки приводят к образованию двух неравноценных по размерам и жизнеспособности зародышей.

В интактных и изолированных завязях были обнаружены также зародышевые мешки с проэмбрио и дополнительными яйцеклетками, с двумя и тремя проэмбрио, расположение которых позволяет предполагать их происхождение из дополнительных яйцеклеток или яйцеклеткоподобных синергид.

В культуре *in vitro* встречались также женские гаметофиты, у которых на месте синергид располагалась бесформенная масса недифференцированных клеток. Возможно, условия культуры *in vitro* провоцировали к пролиферации типичную (неяйцеклеткоподобную) синергиду, в результате чего и появлялись данные каллусоподобные структуры, не приводящие к формированию проэмбрио.

Таким образом, причиной многозародышевости у линии кукурузы АТ-1 могут быть либо независимые деления в дериватах единственной яйцеклетки, либо деления в дополнительных яйцеклетках. Известно, что аналогичные предпосылки к полиэмбрионии были обнаружены в культивируемых *in vitro* завязях ячменя и риса, где отмечалась индукция делений всех четырёх элементов зародышевого мешка, хотя митозы происходили с разной частотой и результатами [29, 30]. По данным других авторов [31], для культуры риса более вероятна синергидная апогаметия, так как сильно вакуолизованная яйцеклетка чаще всего приводит к образованию ценоцита. В неопылённых завязях сахарной свёклы зародыши развиваются из яйцеклетки или антипод [32], а также из синергид [33]. Для завязей табака были описаны случаи образования эмбриоидов из антиподальных клеток [34].

В нашем эксперименте в завязях кукурузы линии АТ-1 в отсутствие оплодотворения полноценный эндосперм не формировался. В некоторых случаях после слияния полярных ядер центральной клетки и последующих каркинезов образовывалась лишь ценоцитная ткань (рис. 5).

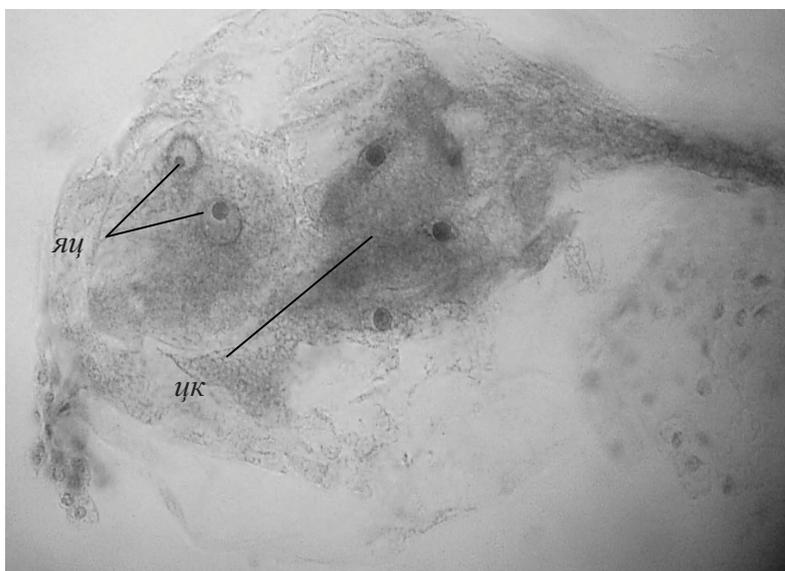


Рис. 5. Зародышевый мешок с двумя яйцеклетками (яц) и 4-ядерной центральной клеткой (цк)

Аномалии в развитии эндосперма или полное его отсутствие, в свою очередь, сказываются на «судьбе» апомиктического проэмбрио.

С увеличением «возраста» завязи (задержка опыления) количество обнаруживаемых в них автономно возникших зародышей возрастало,

и в 14-суточных завязях, находящихся на питательной среде, составляло 13,1%, в то время как в завязях, развивающихся на материнских растениях, – 7,8% (рис. 6).

Жизнеспособность проэмбрио в неопылённых завязях зависит от наличия источника

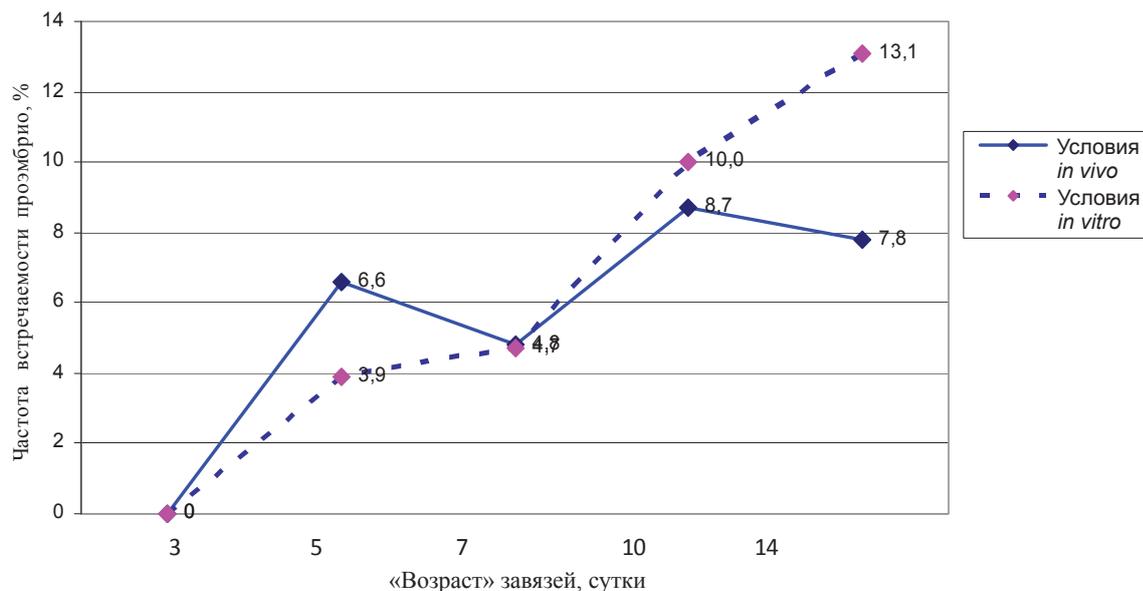


Рис. 6. Развитие парthenогенетических проэмбрио в неопыленных завязях в условиях *in vivo* и *in vitro*

его питания. Экспериментально доказано, что только в культуре *in vitro*, где роль питающего фактора в отсутствие эндосперма берёт на себя искусственная среда, возможно доразвитие проэмбрио до целого растения [35].

Зародыши, возникшие без участия спермия и развивающиеся в завязях початков под изоляторами на материнских растениях, вскоре дегенерировали. Отсутствие полноценного эндосперма или его аномальность являются существенным препятствием для реализации цитозембриологических предпосылок к полиэмбрионии [36]. Однако опыление соцветий с некоторой задержкой ведёт к оплодотворению центральной клетки зародышевого мешка и формированию гаплоидных зародышей на фоне триплоидного эндосперма. При опылении початков в начале

цветения развиваются нормальные зиготические зародыши и полноценные семена.

При проращивании зрелых зерновок (при позднем и нормальном опылении) среди них обнаруживаются семена с двумя, реже тремя близнецовыми проростками (рис. 7).

Следует отметить, что в выборках семян урожая одного года отмечается варьирование частоты проявления многозародышевости в зависимости от растения. При этом могут встречаться в смысле полиэмбрионности «продуктивные» и «непродуктивные» растения. Так, в один из сезонов в завязях, развивающихся в условиях *in vitro*, только у 9 растений из 30 исследованных была зафиксирована многозародышевость. В это же время среди зрелых зиготических зерновок у 11 початков из 25 были выявлены семена с двумя проростками.

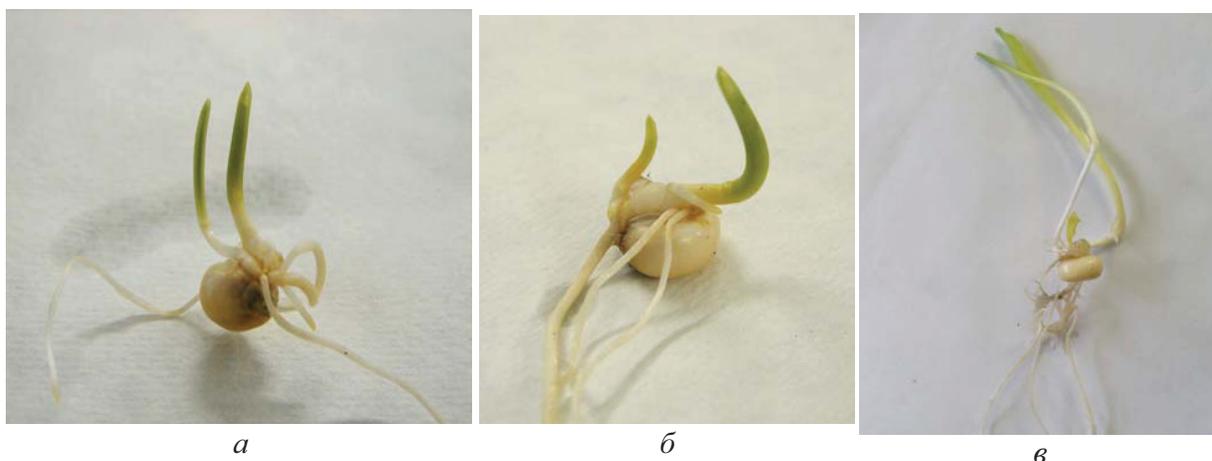


Рис. 7. Зерновки кукурузы линии АТ-1: а, б – с двумя близнецовыми проростками, в – тремя близнецовыми проростками



В среднем на один исследуемый сезон частота формирования многозародышевых семян (*in vivo*) составила 1,9% и достоверно не отличалась от частоты неопыленных завязей с несколькими проэмбрио в культуре *in vitro* (1,1%).

Заключение

Таким образом, подводя итог проведённому исследованию, можно констатировать, что установленное сходство в развитии женского гаметофита в условиях *in vivo* и *in vitro*, формирование в нём идентичных предпосылок к полиэмбрионии и синхронность в возникновении проэмбрио в зародышевых мешках без опыления являются выражением склонности данной линии кукурузы к апомиктическому способу размножения. Эта тенденция сохраняется при эксплантации завязей *in vitro* [37].

Мы полагаем, что в данном случае искусственная питательная среда играет лишь трофическую роль, компенсируя отсутствие полноценного эндосперма, необходимого для развития зародышей. Роль культуры *in vitro* как фактора, индуцирующего полиэмбрионию для апомиктической линии кукурузы АТ-1, исключается.

Список литературы

1. Селиванов А. С. Многозародышевость семян и селекция. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1983. Ч. 1. 83 с.
2. Лакиманан К. К., Амбегаокар К. Б. Полиэмбриония // Эмбриология растений: использование в генетике, селекции, биотехнологии : в 2 т. Т. 2 / под ред. В. М. Джори. М. : Агропромиздат, 1990. С. 5–38.
3. Виноградова Г. Ю. Полиэмбриония у *Allium ramosum* L. и *Allium schoenoprasum* L. (сем. Alliaceae) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2009. 21 с.
4. Maheschwari P. Polyembryony in Angiosperms // Paleobotanist. 1952. Vol. 1. P. 319–329.
5. Магешвари П. Эмбриология покрытосеменных. М. : Изд-во иностр. лит., 1954. 439 с.
6. Strasburger Ed. Über Polyembryonie. Jena : Zeitschr. Naturw., 1878 Bd. 12. N.F. Bd. 5. S. 647–670.
7. Хохлов С. С. К методике выявления апомиксиса у покрытосеменных растений // Апомиксис и цитоэмбриология растений. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1968. С. 136–141.
8. Селиванов А. С. Отбор линий с повышенной встречаемостью полиэмбрионии для получения апомиктических форм растений // Апомиксис и цитоэмбриология растений. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1978. Вып. 4. С. 106–107.
9. Звержанская Л. С. Цитоэмбриологическое изучение партеногенеза и многозародышевости у инбредной и двух реституционных линий кукурузы // Апомиксис и цитоэмбриология растений. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1983. Вып. 5. С. 104–110.
10. Шишкинская Н. А., Юдакова О. И. Репродуктивная эмбриология дикорастущих злаков // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2001. № 5. С. 166–175.
11. Кутлунина Н. А. Эмбриологическое изучение апомиксиса и полиэмбрионии у мятлика лугового // Итоги интродукции и селекции травянистых растений на Урале. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2001. С. 197–214.
12. Батыгина Т. Б., Виноградова Г. Ю. Феномен полиэмбрионии. Генетическая гетерогенность семян // Онтогенез. 2007. Т. 38, № 3. С. 166–191.
13. Юдакова О. И., Шишкинская Н. А. Особенности эмбриологии апомиктических злаков. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. 83 с.
14. Шишкинская Н. А., Юдакова О. И., Тырнов В. С. Явление полигаметии у растений и его возможные эволюционно-генетические эффекты // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2005. Т. 5, вып. 2. С. 25–32.
15. Юдакова О. И., Тырнов В. С. Реализация предпосылок к полиэмбрионии у апомиктических видов мятликов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 81–88.
16. Kappert H. Erbliche Poliembryonie bei *Linum usitatissimum* // Biol. Zbl. 1933. Bd. 53, № 5–6. S. 276–307.
17. Селиванов А. С., Тырнов В. С. Полиэмбриония и гаплоидия // Гаплоидия и селекция. М. : Наука, 1976. С. 77–87.
18. Лобанова Л. П. Изменчивость макроспорогенеза табака под влиянием высокой температуры и её возможные последствия // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2007. Вып. 6. С. 104–108.
19. Селиванов А. С., Тырнов В. С. Опыт получения поли- и моноэмбрионных гаплоидов у перца (*Capsicum annuum* L.) // Вопросы интродукции и акклиматизации растений : сб. работ молодых ученых бот. садов СССР. М. : Наука, 1971. С. 66–67.
20. Алаторцева Т. А., Лобанова Л. П., Еналеева Н. Х. Репродукция *de novo* элементов гинеза в культуре неопыленных завязей и семян табака // Вестн. Башкир. ун-та. 2001. Спец. вып., № 20. С. 102.
21. Алаторцева Т. А., Лобанова Л. П., Еналеева Н. Х. Морфогенетические преобразования неопыленных завязей и семян табака в культуре *in vitro* // Репродуктивная биология, генетика и селекция. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2002. С. 76–82.
22. Тырнов В. С., Еналеева Н. Х. Автономное развитие зародыша и эндосперма у кукурузы // Докл. АН СССР. 1983. № 3. С. 722–725.
23. Курьянов П. Г. Ускоренные методы исследования зародышевого мешка // Выявление апомиктических форм во флоре цветковых растений СССР. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1978. С. 155–163.
24. Юдакова О. И., Гуторова О. В., Беляченко Ю. А. Методы исследования репродуктивных структур и органов растений. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2012. 38 с.
25. Webber J. M. Polyembryony // Bot. Rev. 1940. Vol. 6, № 11. P. 575–598.
26. Алаторцева Т. А., Апанасова Н. В. Полиэмбриония *in vivo* и *in vitro* у апомиктической линии кукурузы АТ-1 // Биотехнология как инструмент сохранения биораз-



- нообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты): материалы VII междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию отд. биотехнологии растений Никитского бот. сада. Симферополь: Ариал, 2016. С. 304, 305.
27. Гуторова О. В., Апанасова Н. В., Юдакова О. И. Создание генетически маркированных линий кукурузы с наследуемым и индуцированным типами партеногенеза // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2016. Т. 18, № 2 (2). С. 341–344.
28. Юдакова О. И. Аномалии развития женского гаметофита у апомиктичных форм мятликов // Онтогенез. 2009. Т. 40, № 3. С. 38–46.
29. San Noeum L. H. *In vitro* induction of gynogenesis in higher plants // Proc. Conf. Broadening Genet. Base Crops. Wageningen, 1978. P. 327–329.
30. Zhou C., Yang H. Y. Induction of haploid rice plantlets by ovary culture // Plant Sci. Lett. 1981. Vol. 20. P. 231–237.
31. Tian H.-G., Yang H.-Y. Synergid apogamy and egg cell anomalous division in cultured ovaries of *Oryza sativum* L. // Acta Bot. Sin. 1983. Vol. 25, № 5. P. 403–408.
32. Bossoutrot D., Hosemans D. Gynogenesis in *Beta vulgaris* L.: From *in vitro* culture of unpollinated ovules to the production of doubled haploid plants in soil // Plant Cell Rep. 1985. Vol. 4. P. 300–303.
33. Beloos A. E., Berdyshev A. G., Oleynik N. A., Perphlyeva L. P. Sugar beet embryos development during cultivation of isolated ovules *in vitro* // Embryology and seed reproduction: Proc. XI Intern. Symp. Leningrad. USSR. 1990. St. Petersburg: Nauka, 1992. P. 71.
34. Yang H. Y., Zhou C. *In vitro* induction of haploid plants from unpollinated ovaries and ovules // Theor. Appl. Genet. 1982. Vol. 63 (2). P. 97–104.
35. Alatorseva T. A., Tyrnov V. S. *In vitro* and *in vivo* endospermo-genesis in partheno-genetical maize lines // Maize Genetics Coop. USA. 2001. Vol. 75. P. 55–56.
36. Юдакова О. И., Тырнов В. С. Реализация предпосылок к полиэмбрионии у апомиктичных видов мятликов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 25–32.
37. Алаторцева Т. А., Тырнов В. С. Гормоннезависимое проявление эмбриогенеза *in vitro* у партеногенетической линии кукурузы // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. Саратов: Науч. кн., 2003. Вып. 2. С. 158–160.

Polyembryony Phenomenon in Apomictic Maize Line *in vivo* and *in vitro*

T. A. Alatorseva, N. V. Apanasova, L. P. Lobanova

Tatyana A. Alatorseva, ORCID 0000-0001-5280-5933, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, alatorsevat@mail.ru

Natalia V. Apanasova, ORCID 0000-0002-5496-0862, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, apanasova.natasha@mail.ru

Ludmila P. Lobanova, ORCID 0000-0001-7982-3621, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, lobanova-lp@yandex.ru

The article is focused on studying of cytoembryological preconditions of polyembryony in the not pollinated ovary of the apomictic maize line AT-1 under *in vitro* and *in vivo* conditions. For an assessment of a nutrient medium role in polyembryony induction a relative analysis of the embryo sacs in cultivated *in vitro* and native plants ovaries has been lead. Dynamics of formation in them an apomictic twin proembryo is traced. In the study line the cause of polyembryony can be either an independent divisions in derivatives of egg cell, or division in additional egg cells. The female gametophytes are characterized by identical peculiarity of its development, spectrum of anomalies, preconditions of a polyembryony and synchronism of embryogenesis. It is evidence about a conservation of genetical determined propensity to apomixis and polyembryony in the cultivated ovaries. The artificial nutrient medium plays only trophic role, compensating absence of a native endosperm, that necessary for embryos development. A role of *in vitro* culture as a factor inducing a polyembryony in the apomictic maize line AT-1 is excluded.

Key words: corn, apomixis, polyembryony, embryo sac, *in vitro*, *in vivo*.

Образец для цитирования:

Алаторцева Т. А., Апанасова Н. В., Лобанова Л. П. Явление полиэмбрионии *in vivo* и *in vitro* у апомиктичной линии кукурузы // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 397–404. DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-4-397-404.

Cite this article as:

Alatorseva T. A., Apanasova N. V., Lobanova L. P. Polyembryony Phenomenon in Apomictic Maize Line *in vivo* and *in vitro*. *Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2017, vol. 17, iss. 4, pp. 397–404 (in Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-4-397-404.