

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра генетики

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГАМЕТОФИТНОГО  
АПОМИКСИСА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *CHONDRILLA*  
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Автореферат бакалаврской работы

Студента 4 курса 422 группы

Направления подготовки бакалавриата 06.03.01 Биология

Биологического факультета

Ефименко Савелия Федоровича

Научный руководитель:


доцент, к. б. н.

05.06.23, 

А. С. Пархоменко

Зав. кафедрой:

д. б. н., доцент,

05.06.23 

О. И. Юдакова

Саратов 2023

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Существуют огромные перспективы использования гаметофитного апомиксиса, которые по экономическому эффекту можно было бы сравнивать с зеленой революцией. Тем не менее, существует ряд трудностей в достижении данной цели, и, в первую очередь это – недостаточность знаний о степени распространения гаметофитного апомиксиса и характера его проявлений, а также противоречия в представлениях о генетическом контроле апомиксиса.

До сих пор в семействе Asteraceae существуют рода, семенное воспроизводство путем апомиксиса которых, изучено в недостаточной степени или же вовсе нет данных о наличии гаметофитного апомиксиса среди данных родов. Среди таких родов находится и *Chondrilla*.

К сожалению, представителей рода *Chondrilla* крайне редко используют в качестве объекта изучения, в том числе и при работах, связанных с изучением степени распространения гаметофитного апомиксиса и систем регуляции апомиктического воспроизводства. Не смотря на это, изучение системы семенного размножения путем апомиксиса представителей рода *Chondrilla* представляет интерес как с точки зрения эволюции агамных комплексов у цветковых, так и с неоднозначностью в таксономическом положении видов, входящих в этот род. Имеется целый ряд противоречий в отнесении того или иного вида рода *Chondrilla* к половым или апомиктическим. Помимо этого растения рода *Chondrilla* в 30-х годах прошлого века рассматривали в качестве источника сырья для полномасштабного производства натурального каучука и в настоящее время интерес к этому возвращается. В связи с этим цитоэмбриологическое исследование особенностей системы семенного размножения видов рода *Chondrilla* остается весьма актуальным и может дать дополнительные сведения о видах данного рода.

Цель работы заключалась в выявлении цитоэмбриологических признаков гаметофитного апомиксиса и степени дефектности пыльцы в качестве косвенного фактора, указывающего на высокую вероятность наличия

апомиктичного способа семенного воспроизводства среди представителей рода *Chondrilla*.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать общее строение мегагаметофитов у представителей рода *Chondrilla* Европейской России и Западного Казахстана.

2. Выявить мегагаметофиты с маркерными признаками гаметофитного апомиксиса у представителей рода *Chondrilla* Европейской России и Западного Казахстана.

3. Оценить степень дефектности пыльцы у представителей рода *Chondrilla* Европейской России и Западного Казахстана.

**Структура и объём работы.** Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, списка использованных источников и содержит 11 рисунков и 3 таблицы. Общий объем работы составляет 46 страниц. Количество использованных литературных источников составило 83 шт., из них 46 шт. на иностранном языке.

**Научная новизна и значимость работы.** Получены данные о способности 7-ми видов рода *Chondrilla* к апомиктичному воспроизводству. Впервые установлено, что вид *C. pauciflora* является высокоапомиктичным. Получены данные о строении мегагаметофитов представителей рода *Chondrilla*.

**Публикации.** По теме выпускной квалификационной работы опубликована 1 работа, которая была представлена на международной научной конференции «Исследования молодых ученых в биологии и экологии» в 2023 г. (г. Саратов).

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### **1 Разнообразие способов семенного воспроизводства у цветковых.**

В главе представлен обзор литературных данных о формах и степени распространения гаметофитного апомиксиса у цветковых растений, в частности в семействе Asteraceae и роде *Chondrilla*.

**2 Материал и методы.** Материалом исследования являлись зрелые бутоны растений 9-ти популяций 7-ми видов рода *Chondrilla*, собранные в августе 2022 года: *C. juncea* и *C. canescens* из Волгоградской, *C. laticoronata*, *C. brevirostris* и *C. ambigua* из Астраханской, *C. juncea* из Саратовской, *C. latifolia* из Ростовской областей, *C. laticoronata* и *C. pauciflora* из Республики Казахстан.

Исследование женских гаметофитов проводили после изготовления постоянных препаратов зародышевых мешков по стандартной методике с дополнением – выдержки семязачатков в 4-х % растворе железоаммонийных квасцов перед покраской. Изготовление препаратов пыльцевых зерен проводили по стандартной методике.

**3 Результаты и их обсуждение. 3.1 Строение мегагаметофитов представителей рода *Chondrilla*.** Мегагаметофит, обнаруживаемый во всех популяциях исследованных представителей рода *Chondrilla*, морфологически соответствовал Polygoinum-типу и содержал в себе яйцевой аппарат, состоящий из яйцеклетки и двух синергид, два полярных ядра и две антиподы. Полярные ядра занимали, как правило, центральное расположение, реже – были смещены к микропилярному полюсу. Чаще всего полярные ядра были обнаружены на стадии, когда они были независимы друг от друга, но в немногочисленных случаях было отмечено вторичное центральное ядро

Антиподы начинали рано дегенерировать. Ранняя дегенерация антипод является характерной для многих цветковых растений и, в частности, для семейства Asteraceae, поэтому в данной работе мегагаметофиты Polygoinum-типа с признаками дегенерации антипод относили к зародышевым мешкам

нормального строения. Не смотря на то, что для Polygoinum-типа развития зародышевого мешка характерно наличие трех антипод, во всех исследованных популяциях были обнаружены мегагаметофиты лишь с двумя антиподами.

Также в ряде случаев дегенерации были подвержены синергиды, но данное явление не имело широкого распространения среди растений в популяциях. Так как синергиды являются частью яйцевого аппарата и непосредственно участвуют в процессе амфимиктичного развития мегагаметофита, то их дегенерация может указывать на смену пути семенного воспроизводства с нормального на апомиктичный, несмотря на то, что иных проявлений гаметофитного апомиксиса в данных зародышевых мешках не наблюдалось.

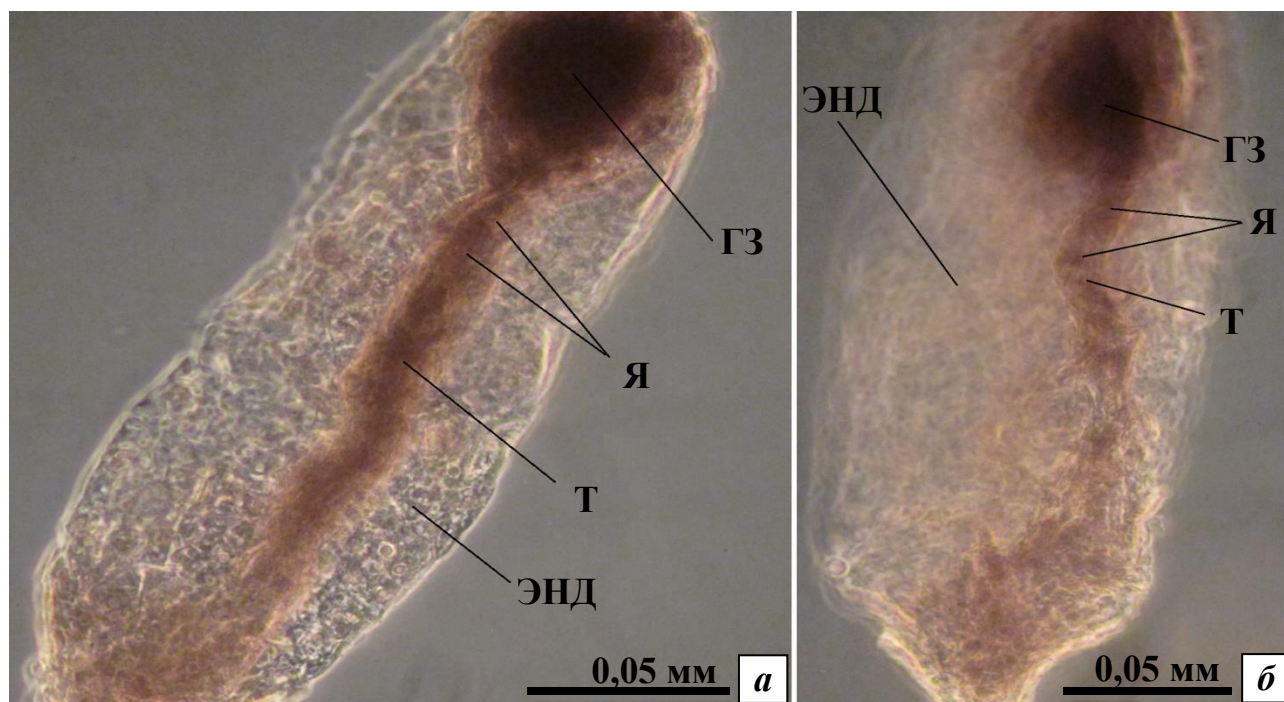
При развитии автономного эндосперма и проэмбрио наблюдали и другие структурные элементы мегагаметофита, но, как правило, на этих стадиях они уже начинали терять свою структурную обособленность, вплоть до полной дегенерации.

Мегагаметофиты на стадии развития глобулярного зародыша кординально отличались от зародышевых мешков до начала их формирования.

Глобулярный зародыш во всех случаях располагался на микропилярном полюсе и занимал приблизительно 1/5 от всего объема зародышевого мешка. Другие структурные элементы мегагаметофита не были обнаружены на данной стадии. Остальной объем был занят эндоспермом автономного происхождения. Выявить четкоразличимые отдельные клеточные структуры в эндосперме не удавалось, что свидетельствует о его ядерной стадии. Однако, в популяции *C. latifolia* были обнаружены немногочисленные мегагаметофиты, чье строение эндосперма, на наш взгляд, позволяет отнести его к базальному типу.

В ходе исследования обнаружили своеобразный «тяж» неопределенной природы (рисунок). Данное образование отлично окрашивалось и контрастировало с остальным объемом мегагаметофита, который был заполнен эндоспермом, а также, во всех случаях, как бы «окутывало» глобулярный зародыш и проходило через всю длину зародышевого мешка. В структуре

«тяжа» не были отмечены отдельные клеточные элементы, но прослеживались немногочисленные ядра.



*а* – *C. latifolia*, *б* – *C. pauciflora*, ГЗ – глобулярный зародыш, ЭНД – эндосперм,  
Т – тяж, Я – ядра

Рисунок – Структура неопределенной природы в мегагаметофитах на стадии развития глобулярного зародыша

Образования «тяжа» было характерно лишь для части зародышевых мешков с глобулярным зародышем и преимущественно было отмечено у *C. latifolia*, а в меньших количествах у *C. pauciflora*. У других видов данное образование отмечено не было.

Не было найдено литературных данных, где бы речь шла о подобном явлении. Данный «тяж» мог быть следствием частичной дегенерации эндосперма. Однако, против этого предположение говорит тот факт, что все «тяги» во всех мегагаметофитах, которые их содержали, имели четко выраженные границы, а прилегающий к ним эндосперм не имел признаков дегенерации. В свою очередь это крайне не характерно дегенерационным процессам, при которых наоборот происходит нарушение обособленности структур мегагаметофита. Другое предположение заключается в том, что данная

структура была образована первичной меристематической тканью. В пользу этого говорит исследование Эверта и Эйххорна, согласно которому первичная меристема и прокамбий образуются именно на глобулярной стадии развития зародыша. «Тяж» мог быть так же обычным артефактом при изготовлении препаратов, но стоит отметить, что мегагаметофиты с «тяжем» соседствовали на препаратах с зародышевыми мешками, у которых был развит глобулярный зародыш, но отсутствовало данное образование.

**3.2 Оценка степени распространения гаметофитного апомиксиса у растений рода *Chondrilla*.** Пыльца у растений всех исследованных популяций отличалась достаточно большой степенью однородности по размеру. Чаще всего мужские гаметофиты были представлены большими зёрнами нормального строения или же плазмированными того же размера. Другие вариации мужских гаметофитов были незначительны в своем количестве. Чаще всего нарушения в формировании мужского гаметофита были представлены плазмолизом, реже – пустыми пыльцевыми зёрнами.

В ходе эмбриологического исследования был проанализирован в общей сумме 1481 мегагаметофит. У растений таких популяций как *C. juncea* из Саратовской, *C. laticoronata* и *C. brevirostris* из Астраханской, *C. latifolia* из Ростовской областей и *C. laticoronata* из Республики Казахстан были обнаружены маркерные признаки гаметофитного апомиксиса: чаще всего – автономный эндоспермогенез; реже – преждевременная эмбриония в совокупности с автономным эндоспермогенезом и преждевременная эмбриония без автономного эндоспермогенеза; в малых количествах – развитие глобулярного зародыша. Значения степени дефектности пыльцы в данных популяциях варьировали в пределах от  $45 \pm 2,93$  % до  $95 \pm 1,72$  %, что совместно с данными цитоэмбриологического исследования свидетельствует о склонности данных видов к семенному воспроизводству путем апомиксиса.

В ходе исследования впервые была отмечена способность к апомиктичному воспроизводству у *C. pauciflora*. Зародышевые мешки этого вида содержали такие признаки гаметофитного апомиксиса как: развитие

глобулярного зародыша, мегагаметофит на стадии дегенерации с признаком эндосперма и проэмбрио и мегагаметофит на стадии дегенерации с признаком проэмбрио. При этом преждевременная эмбриония в совокупности с автономным эндоспермогенезом превалировала по своему количеству среди маркерных апомиктических признаков. Все эти данные в совокупности с высокой степенью дефектности пыльцы ( $91,5 \pm 1,41$  %) свидетельствуют в пользу того, что данный вид является высокоапомиктическим.

В таких популяции как *C. juncea* и *C. canescens* из Волгоградской области все развитые мегагаметофиты имели нормальное строение без признаков гаметофитного апомиксиса. Значения степени дефектности пыльцы также были средними ( $47,5 \pm 3,94$  % для *C. juncea* и  $43,5 \pm 1,57$  % для *C. canescens*). При этом доля дегенерирующих зародышевых мешков у них была крайне высокой, а малая часть из них имела увеличенные размеры и признаки преждевременной эмбрионии в совокупности с автономным эндоспермогенезом и преждевременной эмбрионией без автономного эндоспермогенеза.

Все это указывает на то, что растения в данных популяциях склонны к проявлению апомиктического развития зародышевых мешков, что соответствует литературным данным за 2017 год, но скорее всего в данных популяциях как минимум в 2022 году, развитие мегагаметофитов происходило преимущественно по пути амфимиксиса, заканчивающегося дегенерационными процессами. В свою очередь это может говорить о том, что, по крайней мере, некоторые виды рода *Chondrilla* могут менять путь реализации семенной репродукции в зависимости от изменения экзогенных природных и, возможно, иных факторов.

В популяции *C. ambigua* из Астраханской области не было обнаружено мегагаметофитов с признаками развития по пути гаметофитного апомиксиса. Зародышевые мешки на стадии дегенерации также не имели признаков гаметофитного апомиксиса. Все исследованные мегагаметофиты в данной популяции имели нормальный Polygoinum-тип развития. Значение степени дефектности пыльцы в данной популяции было низким и составило лишь  $8 \pm 1,49$  %. Полученные результаты свидетельствуют в пользу того, что *C. ambigua* является облигатным амфимиктом.



## ВЫВОДЫ

1. Мегagamетофиты представителей рода *Chondrilla* морфологически соответствуют строению зародышевых мешков Polygonum-типа. Эндосперм растений рода *Chondrilla* на стадии зрелого бутона преимущественно представлен ядерной формой.

2. На основе результатов анализа мегagamетофитов и пыльцевых зерен показано, что *C. juncea* из Саратовской, *C. laticoronata* и *C. brevirostris* из Астраханской, *C. latifolia* из Ростовской областей и *C. laticoronata* из Республики Казахстан являются апомиктами. Установлено, что *C. ambigua* из Астраханской области является облигатным амфимиктом.

3. *C. pauciflora* является высокоапомиктичным видом, с преобладанием преждевременной эмбрионии в совокупности с автономным эндоспермогенезом среди маркерных апомиктичных признаков.

4. *C. juncea* и *C. canescens* из Волгоградской области способны менять путь реализации семенной продуктивности.

