



ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotech-journal.ru>



Обзор

МОДЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЗАРОДЫШ-ЗАРОДЫШЕВЫЙ КАЛЛУС» В ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКЕ СТРЕССОВЫХ И АНТИСТРЕССОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗЛАКОВ)

Зинатуллина А.Е.

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН

E-mail: aneta@ufaras.ru

На примере злаков представлен обзор литературных данных по различным аспектам использования морфогенных каллусных культур *in vitro* как модельных систем для изучения стресс-устойчивости растений к абиотическим факторам. Анализируются преимущества и ограничения модельных систем каллусных культур *in vitro*. Обсуждается вопрос о разработке модельной системы «зародыш-зародышевый каллус» с позиции морфогенетической компетентности клеток незрелых зародышей как эксплантов для получения морфогенных каллусов. Рассматривается возможность использования системы «незрелый зародыш *in planta*-индуцированный *in vitro* зародышевый морфогенный каллус» в качестве модели для экспресс-оценки действия антистрессовых регуляторов роста растений.

Ключевые слова: зародыш, каллус *in vitro*, стресс, модельные системы, злаки

THE MODEL SYSTEM "EMBRYO-EMBRYONIC CALLUS" IN EXPRESS EVALUATION OF STRESS AND ANTI-STRESS EFFECTS (ON THE EXAMPLE OF CEREALS)

Zinatullina A.E.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa

E-mail: aneta@ufaras.ru

A review of literature data on various aspects of using morphogenic callus cultures *in vitro* as the model systems for studying on plant stress-resistance to abiotic factors is presented on the example of cereals. The advantages and limitations of the model systems of callus cultures *in vitro* are analyzed. The issue of evaluation of the model system "embryo-embryonic callus" from the position of cell morphogenetic competence of immature embryos as the explants for obtaining morphogenic calli is discussed. The possibility of using the system "immature embryo *in planta*-induced embryonic morphogenic callus *in vitro*" as the model for express assessment of the action of anti-stress plant growth regulators is analyzed.

Keywords: embryo, callus *in vitro*, stress, model systems, cereals

Поступила в редакцию: 10.03.2020

[DOI: 10.31163/2618-964X-2020-3-1-38-50](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2020-3-1-38-50)

ВВЕДЕНИЕ

Первые работы, посвященные получению каллуса из изолированных сегментов мезофилла листа и изучению каллусогенеза как пути морфогенеза *in vitro*, появились еще в конце XIX в. (обзоры: Ikeuchi et al., 2013; Sugiyama, 2015; Круглова и др., 2018б), однако однозначного определения каллуса не предложено. В своих исследованиях различных аспектов каллусогенеза *in vitro* злаков (Круглова и др., 2001, 2005, 2017а-в, 2018а,б, 2019а,б, 2020; Круглова, 2002, 2011, 2012а; Батыгина и др., 2010; Круглова, Катасонова, 2009; Круглова, Сельдимирова, 2011, 2013, 2018; Сельдимирова и др., 2011, 2016, 2017а-г, 2018а,г, 2019а,б; Сельдимирова, Круглова, 2013, 2014, 2015; Kruglova et al., 2018а,б; Seldimirova, Kruglova, 2013, 2015; Seldimirova et al., 2016а-с; 2017а,б, 2019; Зинатуллина, 2019, 2020) сотрудники лаборатории физиологии растений УИБ УФИЦ РАН придерживаются следующего определения: каллус – интегрированная система, образующаяся как экзогенно (в результате пролиферации поверхностных клеток различных тканей растительного организма), так и эндогенно (в глубине этих тканей); изначально состоит из однородных

клеток, постепенно преобразующихся в систему групп гетерогенных клеток, имеющих видоспецифичные морфогенетические потенции, которые реализуются различными путями морфогенеза (Батыгина, 2014) включая регенерацию полноценных растений.

Каллусы *in vitro* рассматриваются как перспективные экспериментальные системы при исследовании различных аспектов биологии развития растений – как теоретических, так и прикладных. Отдельное направление исследований – использование каллусов в качестве модельных систем при изучении стрессовых воздействий на растения и действия обработок растений антистрессовыми регуляторами роста. Обзоры этой проблемы предприняты ранее (Круглова и др., 2018а; Kruglova et al., 2018а), однако бурный рост современных биотехнологических исследований заставляет ещё раз вернуться к этой проблеме. Особый интерес вызывает каллусогенез *in vitro* в эксплантах хлебных злаков. Такой интерес обусловлен несомненной коммерческой ценностью этой группы растений.

Цель данного обзора – на примере злаков провести анализ литературных данных, посвященных изучению каллусов *in vitro* как модельных систем в экспериментальных исследованиях как стресс-воздействия, так и действия некоторых антистрессовых регуляторов роста растений.

КАЛЛУСЫ КАК МОДЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ *IN VITRO*

Способность к формированию каллусов *in vitro* обнаружена у представителей многих семейств растений. В качестве эксплантов для получения каллусов используются различные части донорных растений – апексы побегов, молодые соцветия, колеоптили, незрелые пыльники, семяпочки, зародыши, характеризующиеся наличием значительного количества способных к каллусогенезу тотипотентных меристематических клеток.

Многочисленными исследованиями выявлено, что успех в формировании каллусов *in vitro* определяется комплексом взаимосвязанных эндогенных (генотип донорного растения, эпигенетические свойства экспланта, тип и возраст экспланта/донорного растения, свойства клеток эксплантов и др.) и экзогенных (условия выращивания донорных растений, предварительное стрессовое воздействие на эксплант/донорное растение, состав индукционной среды, физические условия культивирования *in vitro* и др.) факторов (по: Круглова и др., 2005; Батыгина и др., 2010; Круглова, Сельдимирова, 2010, 2011; Ikeuchi et al., 2013, 2015, 2016, 2018, 2019; Егорова, 2014; Gaillochot, Lohmann, 2015; Sugiyama, 2015; Круглова и др., 2018б; Kruglova et al., 2018b; Feher, 2019; Ramulifho et al., 2019; Зинатуллина, 1919, 2020).

Разнообразие каллусов, полученных на индукционных средах *in vitro*, можно свести к двум контрастным группам: способные и не способные к морфогенезу по различным путям на регенерационных средах *in vitro*, иначе говоря – морфогенные (эмбриогенные, органогенные, регенерационные) и неморфогенные каллусы (подробнее: Зинатуллина, 2020). В данном обзоре речь пойдет только о морфогенных каллусах (далее – каллусы).

Использование каллусов *in vitro* в качестве моделей для проведения различных направлений экспериментального изучения в биотехнологии растений имеет свои преимущества. Помимо возможности проводить исследования практически круглый год в одних и тех же условиях, получать большое количество каллусов к заданному времени, к таким преимуществам следует отнести возможность осуществлять строгий контроль и манипуляцию на всех этапах каллусогенеза *in vitro* путем контроля над действием абиотических факторов и параметров компонентов питательной среды. Кроме того,

лабораторные условия дают возможность детально анализировать реакции каллусов на действие конкретных факторов среды в культуре *in vitro*, поскольку при добавлении в питательную среду определенных веществ происходит непосредственное их взаимодействие с большинством клеток каллусов. К преимуществам использования каллусов *in vitro* следует отнести и возможность исследования механизмов органогенеза на клеточном и тканевом уровнях (Ikeuchi et al., 2013; Круглова и др., 2018а; Kruglova et al., 2018а).

Однако главное преимущество использования каллусов – сходство морфогенетических процессов в растениях в естественных условиях *in planta* и в культивируемых каллусах *in vitro* (Круглова и др., 2018а; Kruglova et al., 2018а). Так, эксперименты, проведенные на пшенице и ячмене, показали общность клеточных механизмов изменения растений *in planta* и каллусов *in vitro* в ответ на действие высоких значений ряда абиотических факторов (Терлецкая, 2012). Выявлено значительное сходство органогенеза, эмбриологических и репродуктивно-биологических показателей донорных растений и регенерантов, полученных в культуре *in vitro* пыльников и зародышей пшеницы через каллусогенез (Круглова и др., 2017а,б). В таком сходстве реакций растений *in vivo* и каллусов *in vitro* можно видеть проявление принципа универсальности путей морфогенеза растений в естественных и экспериментальных условиях, выдвинутого Т.Б. Батыгиной (2014).

НЕЗРЕЛЫЕ ЗАРОДЫШИ ЗЛАКОВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭКСПЛАНТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЛУСОВ *IN VITRO*

В биотехнологических исследованиях различных растений включая злаки зародыши используются не только для получения каллусов, но и для получения устойчивых к стрессам регенерантов непосредственно, через так называемую эмбриокультуру *in vitro* (Егорова, Ставцева, 2013; Круглова, 2014; Круглова и др., 2019г и др.). Однако именно использование каллусов зародышевого происхождения позволяет сделать исследования масштабными (Круглова, 2019).

Для получения каллусов в культуру *in vitro* могут быть введены зрелые зародыши злаков (Круглова, Сельдиминова, 2011; Audin et al., 2011; Bouamama et al., 2011; Yadav et al., 2011; Bouiamrine et al., 2012; Bevitori et al., 2014; Delporte et al., 2014; Mohd Din et al., 2016; Ijaz et al., 2019). Однако особенно перспективными эксплантами для получения каллусов проявили себя незрелые зародыши злаков (Круглова, Катасонова, 2009; Rakshit et al., 2010; Круглова, Сельдиминова, 2011; Bouiamrine et al., 2012; Favad et al., 2014; Бычкова, 2016; Chu et al., 2016; Seldimirova et al., 2016а,б; Miroshnichenko et al., 2017; Сельдиминова и др., 2017а; Seldimirova et al., 2017а; Галин и др., 2018; Liu et al., 2018; Сельдиминова и др., 2019а,б).

Аналогичные данные о преимуществах в индукции каллусообразования эксплантов более ранних стадий развития получены при исследовании апексов побегов сорго (Dreger et al., 2019), незрелых пыльников пшеницы (Круглова, 2002; Круглова и др., 2005; Батыгина и др., 2010; Круглова, Сельдиминова, 2011; Круглова и др., 2017а,б) и риса (Sahoo et al., 2019), сегментов молодых семядолей *Arabidopsis* (Raizada et al., 2017) и молодых листьев сахарного тростника (Awan et al., 2019). Эти результаты можно объяснить тем, что индукция каллусообразования предполагает репрограммирование морфогенетически компетентных инициальных клеток эксплантов (Doll et al., 2017; Ikeuchi et al., 2018, 2019; Lopez-Ruiz et al., 2019), к чему более предрасположены клетки онтогенетически молодых органов. Такие клетки способны к более легкому стимулированию дедифференциации в плюрипотентное

состояние путем эпигенетической модификации ДНК и специфических факторов транскрипции (по: Raizada et al., 2017).

Решение проблемы морфогенетической компетентности клеток незрелых зародышей злаков как инициальных клеток каллусов *in vitro* напрямую связано с выявлением оптимальной для этого стадии эмбриогенеза. Хорошо известно, что развитие зародыша при такой системе размножения, как зиготическая эмбриогения *in planta*, представляет собой единый процесс, в результате которого из исходной клетки (зиготы) формируется зрелый зародыш (Батыгина, 2014; Radoeva et al., 2019). В то же время в своем морфогенезе зародыш проходит ряд взаимосвязанных стадий, различающихся как по морфофизиологическим процессам, функциональной нагрузке, продолжительности, так и значению для дальнейшего развития. Каждая из стадий эмбриогенеза направлена на реализацию морфогенетического потенциала зародыша и онтогенетической программы развития особи в целом (Батыгина, 2014). Такая стадийность выявлена и при эмбриогенезе злаков (Круглова и др., 2019 (Kruglova et al., 2020)). На примере пшеницы разработана периодизация эмбриогенеза злаков удобная в биотехнологических исследованиях, согласно которой в эмбриогенезе пшеницы выделяются этап недифференцированного зародыша (стадии: зигота, двуклеточный зародыш, четырехклеточный зародыш, многоклеточный зародыш), этап морфологической дифференциации зародыша (стадии начала органогенеза, активного органогенеза, завершения органогенеза) и этап дифференцированного зародыша (стадии сформированного зародыша и зрелого зародыша) (Круглова, 2012б).

Данные о статусе незрелых зародышей злаков в стадии эмбриогенеза *in planta*, оптимальной для получения каллусов *in vitro*, немногочисленны. Так, детальными исследованиями незрелых зародышей пшеницы, инокулированных в условия культуры *in vitro* в различные сроки после опыления, установлено, что при прочих равных условиях (состав индукционной среды, физические условия культивирования *in vitro*) начало каллусам давали зародыши, находившиеся на стадии начала органогенеза (Круглова и др., 2019а). В таких зародышах выявляются примордии органов (семядоля-щиток, побег). Важен тот факт, что клетки формирующихся органов такого зародыша еще не покрыты плотной целлюлозной стенкой. Особенно это касается клеток щитка, по данным многих авторов дающих начало морфогенному каллусу у злаков (Круглова и др., 2018б; Kruglova et al., 2018b). Пограничное (зародыш/среда) положение клеток щитка способствует индуцированию в них каллусогенеза *in vitro*, при этом успешному поступлению индуктора морфогенного каллуса (главным образом экзогенного гормона) благоприятствует отсутствие плотной клеточной стенки. Ультраструктурными исследованиями в клетках зародышей пшеницы этой стадии выявлены митохондрии с хорошо развитыми внутренними мембранами, амилопласты с крахмальными зернами, цистерны комплекса Гольджи с везикулами, липидные капли, агранулярный эндоплазматический ретикулум (Сельдимирова и др., 2017г; Seldimirova et al., 2017b), что свидетельствует о высокой метаболической активности клеток, обусловленной активным морфогенезом в таких зародышах. Активными морфогенетическими процессами в зародышах на стадии начала органогенеза можно объяснить и увеличение содержания ключевых гормонов морфогенеза – ИУК и цитокининов – на этой стадии у злаков (Hess et al., 2002; Сельдимирова и др., 2018б,в; Круглова и др., 2019в; Kruglova et al., 2020).

В то же время использование незрелых зародышей в практике биотехнологических исследований имеет ограничение. Если зрелые зародыши доступны для исследований в течение всего года, то использование незрелых зародышей возможно только в летний вегетационный сезон. Однако значительные преимущества в получении морфогенных

каллусов позволяют рекомендовать именно незрелые зародыши как основной эксплант в различных направлениях биотехнологических исследований.

ЗАРОДЫШЕВЫЕ КАЛЛУСЫ КАК МОДЕЛИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЗЛАКОВ ПО ОЦЕНКЕ ДЕЙСТВИЯ СТРЕСС-ФАКТОРОВ

Использование каллусных систем имеет свои ограничения, обусловленные главным образом тем, что получение каллусных культур – сам по себе стрессовый фактор, предполагающий адаптацию клеток к условиям *in vitro*. Кроме того, культивирование каллусов *in vitro* приводит к изменениям ряда морфологических, биохимических, физиологических и вызванных соматоклональной изменчивостью генетических характеристик полученных регенерантов. Тем не менее, каллусы находят широкое применение в экспериментальных исследованиях злаков в биотехнологических целях. Так, активно изучаются вопросы получения в каллусной культуре *in vitro* регенерантов злаков, толерантных к различным абиотическим стрессорам (обзоры: Круглова и др., 2018а; Kruglova et al., 2018а).

Особенно важное направление в этом направлении – изучение действия стресс-фактора засухи на каллусы *in vitro*. При этом модельные системы отбора *in vitro* устойчивых к засухе форм злаков проводятся главным образом по такому показателю, как характеристика ростовой активности каллусов, оцененная по динамике изменения их размера, сырой/сухой биомассы и митотической активности клеток (Соболева, Логинов, 2004; Сельдимирова и др., 2017а; Seldimirova et al., 2017а и др.). В качестве введенного в питательную среду осмотического агента, моделирующего засуху, используют ПЭГ 6000, маннит, сорбит, сахарозу, хлорид натрия. В результате таких исследований выявлены перспективные генотипы злаков, каллусные линии которых проявили устойчивость к действию стресс-фактора в экспериментальных селективных условиях (Bouiamrine, Diouri, 2012; Пикало и др., 2019; Maleki et al., 2019 и др.).

В литературе представлены работы, в которых при биотехнологических экспериментах используются зародышевые каллусы злаков. Такие каллусы применяются как для тестирования *in vitro* влияния биологически активных веществ на формирование регенерантов, так и для оценки устойчивости генотипов злаков к стрессовым факторам (Yadav et al., 2011; Бычкова, 2016; Сельдимирова и др., 2017а; Seldimirova et al., 2017а). В качестве одного из критериев оценки действия регуляторов роста на зародышевые каллусы также служит характеристика ростовой активности этих структур, оцененная по динамике изменения их размера, массы и митотической активности клеток.

Перспективное направление таких исследований – оценка в зародышевых каллусовых тест-системах засухоустойчивого действия различных регуляторов роста растений, способных в крайне низких концентрациях индуцировать устойчивость растений к широкому спектру стрессовых факторов. Большое внимание в этой связи уделяется брассиностероидам – характерному для растений уникальному классу гормонов полигидроксилстероидной природы, обладающих ярко выраженными свойствами рост-стимуляторов и индукторов устойчивости растений к различным неблагоприятным факторам среды (Shakirova et al., 2016).

Выявлено, что предобработка проростков пшеницы 24-эпибрассинолидом оказывала ярко выраженный защитный эффект на растения, подвергнутые натрий-хлоридному засолению (Шакирова, 2001). Этот брассиностероид предотвращал торможение роста

растений, вызванное уменьшением уровня стресс-индуцированного накопления АБК, падением содержания ИУК и поддержанием концентрации цитокининов (Авальбаев и др., 2010). Такие изменения обусловлены способностью 24-эпибрассинолида вызывать быстрое стойкое накопление цитокининов за счет ингибирования транскрипции кодирующего ген цитокиноксидазы, ключевого фермента деградации цитокининов (Yuldashev et al., 2012). Приводятся данные и о проявлении рост-стимулирующего действия брассиностероидов на каллусы при внесении в среду культивирования *in vitro* (Lu et al., 2003).

В детальной работе О.А. Сельдимировой с соавт. (2017a) приводятся сведения о влиянии внесения гормона 24-эпибрассинолида в питательную среду на формирование у устойчивого и слабоустойчивого к засухе сортов пшеницы зародышевых каллусов, их ростовые показатели, содержание АБК и цитокининов, морфо- и гистологические параметры, а также регенерационную способность. Установлено, что устойчивый сорт характеризовался существенно большей частотой образования каллусов, более высоким приростом сырой и сухой массы, повышенным содержанием эндогенных цитокининов, а также большим количеством морфогенетических очагов; у этого сорта отмечены и максимальные показатели способности к регенерации и формированию регенерантов одним каллусом.

Интересны работы, в которых приводятся данные по роли экзогенных брассиностероидов в адаптации *de novo* структур растений, полученных согласно иному (в сравнении с каллусогенезом) пути морфогенеза *in vitro*, а именно соматическому эмбриогенезу. Так, положительное воздействие брассинолидов в адаптации к стресс-условиям культивирования *in vitro* отмечено у соматических зародышей рапса (Belmonte et al., 2010, 2011) и хлопчатника (Aydin et al., 2010).

Следует подчеркнуть, что несомненным достоинством зародышевых каллусов, помимо соответствия протекающих в каллусах морфогенетических процессов аналогичным событиям в растениях *in planta*, может служить ускорение выявления стресс-устойчивости новых генотипов, поскольку в системе «зародыш-каллус» используются зародыши, получаемые намного раньше зрелых семян, обычно применяемых в практике селекционных исследований. Так, использование незрелых зародышей *in planta* пшеницы и формирование из них морфогенных каллусов *in vitro* дает выигрыш во времени около 15 сут.

Использование зародышевых каллусных культур *in vitro* можно оценивать и как надежный инструмент для изучения механизмов ответных реакций растений на стресс, получения устойчивых к стресс-факторам регенерантов – конечной цели и биотехнологии *in vitro* и *ex vitro*, и селекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стресс-устойчивость злаков к абиотическим факторам – сложный процесс (Gupta et al., 2018; Zeeshan et al., 2020; обзоры: El Sabagh et al., 2019; Sallam et al., 2019), поэтому так перспективны разработки модельных систем для исследования различных аспектов этой проблемы (Kononenko et al., 2020 и др.). Модельный подход культуры *in vitro*, в том числе использование каллусов, дающий возможность изучать морфогенез и механизмы его регуляции в контролируемых экспериментатором селективных условиях, позволяет приблизиться как к пониманию закономерностей и особенностей ответных реакций злаков на воздействие абиотических стресс-факторов, так и к разработке способов управления адаптацией в таких условиях. Кроме того, каллусы, полученные из незрелых зародышей,

важны и в предварительной экспресс-оценке генотипов хозяйственно ценных злаков при создании стресс-устойчивых районированных сортов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190099-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авальбаев А.М., Юлдашев Р.А., Фатхутдинова Р.А и др.* Влияние 24-эпибрассинолида на гормональный статус растений пшеницы при действии хлорида натрия // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т. 46. С. 109–112.
2. *Батыгина Т.Б.* Биология развития растений. Симфония жизни. СПб.: Изд-во ДЕАН, 2014. 764 с.
3. *Батыгина Т.Б., Круглова Н.Н., Горбунова В.Ю. и др.* От микроспоры – к сорту М.: Наука, 2010. 174 с.
4. *Бычкова О.В.* Оценка эффективности морфогенеза и регенерации яровой твердой пшеницы в культуре *in vitro* // Acta Biol. Sib. 2016. № 2. С. 139–149. DOI: [10.14258/abs.v2i1-4.923](https://doi.org/10.14258/abs.v2i1-4.923)
5. *Галин И.Р., Зайцев Д.Ю., Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н.* Участие цитокининов в начальных этапах эмбриоидогенеза *in vitro* в зародышевых каллусах пшеницы // Биомика. 2018. Т. 10. № 2. С. 141–145. DOI: [10.31301/2221-6197.bmcs2018-17](https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs2018-17)
6. *Егорова Н.А.* Некоторые аспекты биотехнологии эфиромасличных растений: индукция каллюсо- и морфогенеза, использование соматоклональной изменчивости // Физиология растений и генетика. 2014. Т. 46. № 2. С. 108–120.
7. *Егорова Н.А., Ставцева И.В.* Биотехнологические приемы получения форм шалфея, устойчивых к осмотическому стрессу *in vitro* // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2013. Вып. 8. С. 93–100.
8. *Зинатуллина А.Е.* Феномен гемморизогенеза как типа органогенеза *in vitro* в биотехнологических исследованиях хлебных злаков // Экобиотех. 2019. Т. 2. № 2. С. 116–127. DOI: [10.31163/2618-964X-2019-2-2-116-127](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-2-116-127)
9. *Зинатуллина А.Е.* Цитофизиологические особенности контрастных типов каллусов *in vitro* // Успехи современной биологии. 2020. Т. 140. № 2. С. 1–12. DOI: [10.31857/S0042132420020040](https://doi.org/10.31857/S0042132420020040)
10. *Круглова Н.Н.* Микроспора злаков как модельная система для изучения путей морфогенеза: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2002. 48 с.
11. *Круглова Н.Н.* Каллус как модель для изучения формирования структуры высшего растения // Известия Уфимского научного центра РАН. 2011. № 3. С. 17–22.
12. *Круглова Н.Н.* Оптимизация биотехнологии получения растений пшеницы в культуре *in vitro* // Известия Уфимского научного центра РАН. 2012а. № 3. С. 57–61.
13. *Круглова Н.Н.* Периодизация эмбриогенеза пшеницы как методологический аспект биотехнологических разработок // Известия Уфимского научного центра РАН. 2012б. № 2. С. 21–24.
14. *Круглова Н.Н.* Выявление автономности зародыша пшеницы как этап разработки экспресс-диагностической биотехнологии получения засухоустойчивых образцов // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1 (5). С. 38–43.
15. *Круглова Н.Н.* Органогенез злаков на ранних этапах онтогенеза *in vivo* как структурная основа экспериментальных исследований *in vitro* // Экобиотех. 2019. Т. 2. № 1. С. 36–50. DOI: [10.31163/2618-964X-2019-2-1-36-50](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-1-36-50)

16. Круглова Н.Н., Батыгина Т.Б., Горбунова В.Ю. и др. Эмбриологические основы андроклинии пшеницы. М.: Наука, 2005. 99 с.
17. Круглова Н.Н., Горбунова В.Ю. Каллусогенез как путь морфогенеза в культуре пыльников злаков // Успехи соврем. биол. 1997. Т. 117. Вып. 1. С. 81–94.
18. Круглова Н.Н., Горбунова В.Ю., Абрамов С.Н., Сельдимирова О.А. Андрогенные эмбриониды и каллусы пшеницы: данные сканирующей электронной микроскопии // Известия РАН. Серия биология. 2001. № 2. С. 191–197.
19. Круглова Н.Н., Катасонова А.А. Незрелый зародыш пшеницы как морфогенетически компетентный эксплант // Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. № 2. С. 124–131.
20. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Морфогенез в андроклинных каллусах злаков: цитогистологические особенности // Успехи современной биологии. 2010. Т. 130. № 3. С. 247–257.
21. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Регенерация пшеницы *in vitro* и *ex vitro*: цитогистологические аспекты. Уфа: Гилем, 2011. 124 с.
22. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Пути морфогенеза *in vitro* клеток андроклинного каллюса пшеницы // Физиология растений и генетика. 2013. Т. 45. № 5. С. 382–389.
23. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А. Потенциально морфогенный каллус пшеницы в культуре *in vitro* // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 2. С. 61–65. DOI: 10.31040/2222-8349-2018-0-2-61-65
24. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зайцев Д.Ю. и др. Развитие андроклинных регенерантов пшеницы в лабораторных условиях *in vitro* и *ex vitro* // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017а. № 3. С. 21–25.
25. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зайцев Д.Ю. и др. Развитие андроклинных растений пшеницы в полевых условиях *in vivo* // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017б. № 3. С. 26–30.
26. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Веселов Д.С. К вопросу об участии ауксинов в индукции и регуляции морфогенеза в модельной каллусной системе *in vitro* (на примере злаков) // Биомика. 2017в. Т. 9. № 4. С. 289–297.
27. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зинатуллина А.Е. Каллус как модельная система для исследования стресс-устойчивости растений к абиотическим факторам (на примере злаков) // Успехи современной биологии. 2018а. Т. 138. № 3. С. 283–293. DOI: 10.7868/S0042132418030067
28. Круглова Н.Н., Титова Г.Е., Сельдимирова О.А. Каллусогенез как путь морфогенеза *in vitro* у злаков // Онтогенез. 2018б. Т. 49. № 5. С. 273–288. DOI: 10.1134/S0475145018050038
29. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зинатуллина А.Е. Гистологический статус зародыша пшеницы в стадии органогенеза *in vivo*, оптимальной для получения морфогенного каллуса *in vitro* // Известия Уфимского научного центра РАН. 2019а. № 1. С. 25–29.
30. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зинатуллина А.Е. Каллус *in vitro* как модельная система для изучения органогенеза растений // Известия Уфимского научного центра РАН. 2019б. № 2. С. 44–54.
31. Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зинатуллина А.Е. Структурные особенности и гормональная регуляция зиготического эмбриогенеза злаков // Успехи современной биологии. 2019в. Т. 139. № 4. С. 326–337. DOI: 10.1134/S0042132419040057

32. *Круглова Н.Н., Сельдимирова О.А., Зинатуллина А.Е., Никонов В.И.* Выявление засухоустойчивых генотипов пшеницы в культуре незрелых зародышей *in vitro* // Вестник БГАУ. 2019г. Т. 52. № 4. С. 37–41. DOI: [10.31563/1684-7628-2019-52-4-37-41](https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-52-4-37-41)
33. *Круглова Н.Н., Титова Г.Е., Сельдимирова О.А. и др.* Зародыш цветковых растений в критическую стадию относительной автономности эмбриогенеза (на примере злаков) // Онтогенез. 2020. Т. 51. № 1. С. 3–18. DOI: [10.31857/S0475145020010024](https://doi.org/10.31857/S0475145020010024)
34. *Пикало С., Демидов О., Прокопик Н. и др.* Селекція *in vitro* пшениці та тритикле на стійкість до водного дефіциту // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2019. Вип. 80. С. 21–30. DOI: [10.30970/vlubs.2019.80.03](https://doi.org/10.30970/vlubs.2019.80.03)
35. *Сельдимирова О.А., Катасонова А.А., Круглова Н.Н.* Формирование морфогенетического очага как начальный этап морфогенеза *in vitro* в каллусах различного происхождения у пшеницы // Физиология и биохимия культурных растений. 2011. Т. 43. № 4. С. 297–306.
36. *Сельдимирова О.А., Титова Г.Е., Круглова Н.Н.* Комплексный морфолого-гистологический подход к изучению морфогенных структур в культуре *in vitro* пыльников пшеницы // Известия РАН. Серия биология. 2016. № 2. С. 155–161.
37. *Сельдимирова О.А., Безрукова М.В., Галин И.Р. и др.* Влияние 24-эпибрассинолида на формирование, ростовые показатели и регенерационную способность каллусов *in vitro* контрастных по засухоустойчивости сортов пшеницы // Физиология растений. 2017а. Т. 64. № 6. С. 461-472. DOI: [10.1134/S1021443717060085](https://doi.org/10.1134/S1021443717060085)
38. *Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н., Веселов Д.С., Яновская А.А.* Оптимизация состава питательной среды для индукции каллусообразования у ячменя сорта Septoe и его АБК-дефицитного мутанта AZ34 // Биомика. 2017б. Т. 9. № 4. С. 298-303.
39. *Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н., Зинатуллина А.Е.* Роль фитогормонов в индукции каллусогенеза и регуляции путей морфогенеза каллусов злаков *in vitro* // Научный результат. Серия физиология. 2017в. Т. 3. № 1. С. 8–13. DOI: [10.18413/2409-0298-2017-3-1-8-13](https://doi.org/10.18413/2409-0298-2017-3-1-8-13)
40. *Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н., Титова Г.Е., Батыгина Т.Б.* Сравнительный ультраструктурный анализ формирующихся микроспориальных эмбриоидов *in vitro* и зиготических зародышей *in vivo* пшеницы как основа понимания цитофизиологических аспектов их развития // Онтогенез. 2017г. Т. 48. № 3. С. 220–233. DOI: [10.7868/S0475145017030119](https://doi.org/10.7868/S0475145017030119)
41. *Сельдимирова О.А., Галин И.Р., Круглова Н.Н., Веселов Д.С.* Эмбриоидогенная способность каллусов пшеницы и ячменя *in vitro* определяется балансом содержания эндогенных фитогормонов // Биомика. 2018а. Т. 10. № 4. С. 381–386. DOI: [10.31301/2221-6197.bmcs.2018-49](https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2018-49)
42. *Сельдимирова О.А., Галин И.Р., Кудоярова Г.Р. и др.* Влияние АБК на созревание зародышей ячменя *in vivo*: результаты изучения дефицитного по АБК мутанта // Экобиотех. 2018б. Т. 1. № 4. С. 203–211. DOI: [10.31163/2618-964X-2018-1-4-203-211](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2018-1-4-203-211)
43. *Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н., Галин И.Р., Веселов Д.С.* Сравнительная оценка уровня ИУК, АБК и цитокининов в эмбриогенезе *in vivo* ячменя сорта Steptoe и его АБК-дефицитного мутанта AZ34 // Экобиотех. 2018в. Т. 1. № 3. С. 134-142. DOI: [10.31163/2618-964X-2018-1-3-134-142](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2018-1-3-134-142)
44. *Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н., Никонов В.И.* Оценка коллекции генотипов яровой мягкой пшеницы по отзывчивости эксплантов на условия культуры *in vitro* как биотехнологического приёма // Экобиотех. 2018г. Т. 1. № 2. С. 71-79. DOI: [10.31163/2618-964X-2018-1-2-71-79](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2018-1-2-71-79)

45. Сельдимирова О.А., Кудоярова Г.Р., Галин И.Р. и др. Влияние ингибиторов синтеза АБК и транспорта ауксинов на морфогенез в культуре *in vitro* и активность пероксидаз у дефицитного по АБК мутанта ячменя и его исходного генотипа // Биомика. 2019а. Т. 11. № 4. С. 386–393. DOI: [10.31301/2221-6197.bmcs.2019-30](https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2019-30)
46. Сельдимирова О.А., Кудоярова Г.Р., Круглова Н.Н. и др. Способность к соматическому эмбриогенезу *in vitro* в каллусах пшеницы и ячменя определяется балансом содержания в них ИУК и АБК // Онтогенез. 2019б. Т. 50. № 3. С. 181–193. DOI: [10.1134/S0475145019030054](https://doi.org/10.1134/S0475145019030054)
47. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Особенности начальных этапов эмбриоидогенеза *in vitro* в каллусах различного происхождения // Известия РАН. Серия биологическая. 2013. № 5. С. 565–573. DOI: [10.7868/S0002332913050159](https://doi.org/10.7868/S0002332913050159)
48. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Андроклиный эмбриоидогенез *in vitro* у злаков // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134. № 5. С. 476–487.
49. Сельдимирова О.А., Круглова Н.Н. Баланс эндогенных и экзогенных гормонов и пути морфогенеза в андроклиных каллусах пшеницы *in vitro* // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 1. С. 35–39.
50. Соболева М.И., Логинов И.В. Статистические характеристики, маркирующие морфогенез в каллусных культурах яровой мягкой пшеницы // Физиология растений. 2004. Т. 51. С. 287–296.
51. Терлецкая Н.В. Неспецифические реакции зерновых злаков на абиотические стрессы *in vivo* и *in vitro*. Алматы, 2012. 208 с.
52. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
53. Audin M., Tosun M., Haliloglu K. Plant regeneration in wheat mature embryo culture // Afric. J. Biotech. 2011. V. 10 (70). P. 15749–15755. DOI: [10.5897/AJB11.1495](https://doi.org/10.5897/AJB11.1495)
54. Awan M.F., Iqbal M.S., Sharif M.N. et al. Evaluation of genotypic and hormone mediated callus induction and regeneration in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) // Int. J. Bot. Stud. 2019. V. 4. P. 70–76. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/337622294>
55. Aydin Y., Talas-Ogras T., Altinkut A. et al. Cytohistological studies during cotton somatic embryogenesis with brassinosteroid application // IUFS J. Biol. 2010. V. 69. P. 33–39.
56. Belmonte M., Elhiti M., Waldner B., Stasolla C. Depletion of cellular brassinolide decreases embryo production and disrupts the architecture of the apical meristems in *Brassica napus* microspore-derived embryos // J. Exp. Bot. 2010. V. 61. P. 2779–2794. DOI: [10.1093/jxb/erq110](https://doi.org/10.1093/jxb/erq110)
57. Belmonte M., Elhiti M., Ashihara H., Stasolla C. Brassinolide-improved development of *Brassica napus* microspore-derived embryos is associated with increased activities of purine and pyrimidine salvage pathways // Planta. 2011. V. 233. P. 95–107. DOI: [10.1007/s00425-010-1287-6](https://doi.org/10.1007/s00425-010-1287-6)
58. Bevitori R., Popielarska-Konieczna M., dos Santos E.M. et al. Morpho-anatomical characterization of mature embryo-derived callus of rice (*Oryza sativa* L.) suitable for transformation // Protoplasma. 2014. V. 251. P. 545–554. DOI: [10.1007/s00709-013-0553-4](https://doi.org/10.1007/s00709-013-0553-4)
59. Bouamama B., Salem A.B., Youssef F.B. et al. Somatic embryogenesis and organogenesis from mature caryopses of North African barley accession “Kerkena” (*Hordeum vulgare* L.) // In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. 2011. V. 47. P. 321–327. DOI: [10.1007/s11627-011-9357-4](https://doi.org/10.1007/s11627-011-9357-4)
60. Bouiamrine E.H., Diouri M. Response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) callus culture to osmosis induced drought stress caused by polyethylene glycol (PEG) // Ann. Biol. Res. 2012. V. 3. P. 4555–4563.

61. *Bouiamrine E.H., Diouri M., Halimi R.E.* Somatic embryogenesis and plant regeneration capacity from mature and immature durum wheat embryos // *Int. J. Biosci.* 2012. V. 2. P. 29–39.
62. *Ijaz B., Sudiro C., Hyder M.Z. et al.* Histo-morphological analysis of rice callus cultures reveals differential regeneration response with varying media combinations // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 2019. DOI: [10.1007/s11627-019-09974-6](https://doi.org/10.1007/s11627-019-09974-6)
63. *Chu Z., Chen J., Xu H., Dong Z., Chen F., Cui D.* Identification and comparative analysis of microRNA in wheat (*Triticum aestivum* L.) callus derived from mature and immature embryos during *In vitro* cultures // *Front. Plant Sci.* 2016. V. 7. DOI: [10.3389/fpls.2016.01302](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01302)
64. *Delporte F., Pretova A., du Jardin P. et al.* Morpho-histology and genotype dependence of *in vitro* morphogenesis in mature embryo cultures of wheat // *Protoplasma.* 2014. V. 251. P. 1455–1470. DOI: [10.1007/s00709-014-0647-7](https://doi.org/10.1007/s00709-014-0647-7)
65. *Dreger M., Mol R., Deja A., Raj E., Mankowska G., Wielgus K.* Improved plant regeneration in callus cultures of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 2019. V. 55. P. 190–198. DOI: [10.1007/s11627-019-09963-9](https://doi.org/10.1007/s11627-019-09963-9)
66. *El Sabagh A., Hossain A., Barutcular C. et al.* Wheat (*Triticum aestivum* L.) production under drought and heat stress – adverse effects, mechanisms and mitigation: a review // *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2019. V. 17. P. 8307–8332. DOI: [10.15666/aeer/1704_83078332](https://doi.org/10.15666/aeer/1704_83078332)
67. *Favad A., Ahsan M., Saeed N.A. et al.* Establishment and Optimization of Callus-to-Plant Regeneration System using Mature and Immature Embryos of Maize (*Zea mays*) // *Int. J. Agric. Biol.* 2014. V. 16. P. 111–117.
68. *Feher A.* Callus, Dedifferentiation, Totipotency, Somatic Embryogenesis: What These Terms Mean in the Era of Molecular Plant Biology? // *Front. Plant Sci.* 2019. DOI: [10.3389/fpls.2019.00536](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00536)
69. *Gaillochet C., Lohmann J.U.* The never-ending story: from pluripotency to plant developmental plasticity // *Development.* 2015. V. 142. P. 2237–2249. DOI: [10.1242/dev.117614](https://doi.org/10.1242/dev.117614)
70. *Gupta S., Mishra V.K., Kumari S. et al.* Decipherin g genome-wide WRKY gene family of *Triticum aestivum* L. and their functional role in response to Abiotic stress // *Genes & Genomics.* 2018. DOI: [10.1007/s13258-018-0742-9](https://doi.org/10.1007/s13258-018-0742-9)
71. *Hess J.R., Carman J.G., Banowitz G.M.* Hormones in wheat kernels during embryony // *J. Plant Physiol.* 2002. V. 159. P. 379–386. DOI: [10.1078/0176-1617-00718](https://doi.org/10.1078/0176-1617-00718)
72. *Ikeuchi M., Sugimoto K., Iwase A.* Plant callus: mechanisms of induction and repression // *Plant Cell.* 2013. V. 25. P. 3159–3173. DOI: [10.1105/tpc.113.116053](https://doi.org/10.1105/tpc.113.116053)
73. *Ikeuchi M., Iwase A., Sugimoto K.* Control of plant cell differentiation by histone modification and DNA methylation // *Current opinion in plant biology.* 2015. V. 28. P. 60–67. DOI: [10.1016/j.pbi.2015.09.004](https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.09.004)
74. *Ikeuchi M., Ogawa Y., Iwase A., Sugimoto K.* Plant regeneration: cellular origins and molecular mechanisms // *Development.* 2016. V. 143. P. 1442–1453. DOI: [10.1242/dev.134668](https://doi.org/10.1242/dev.134668)
75. *Ikeuchi M., Shibata M., Rymen B. et al.* A gene regulatory network for cellular reprogramming in plant regeneration // *Plant Cell Physiol.* 2018. V. 59. P. 770–782. DOI: [10.1093/pcp/pcy013](https://doi.org/10.1093/pcp/pcy013)
76. *Ikeuchi M., Favero D.S., Sakamoto Y. et al.* Molecular Mechanisms of Plant Regeneration // *Ann. Rev. Plant Biol.* 2019. V. 70. P. 377–406. DOI: [10.1146/annurev-arplant-050718-100434](https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100434)

77. *Kononenko N., Baranova E., Dilovarova T. et al.* Oxidative Damage to Various Root and Shoot Tissues of Durum and Soft Wheat Seedlings during Salinity // *Agriculture*. 2020. V. 10. DOI: [10.3390/agriculture10030055](https://doi.org/10.3390/agriculture10030055)
78. *Kruglova N.N., Seldimirova O.A., Zinatullina A.E.* In Vitro Callus as a Model System for the Study of Plant stress-Resistance to Abiotic Factors (on the Example of Cereals) // *Biol. Bul. Rev.* 2018a. V. 8. P. 518–526. DOI: [10.1134/S2079086418060063](https://doi.org/10.1134/S2079086418060063)
79. *Kruglova N.N., Titova G.E., Seldimirova O.A.* Callusogenesis as an *in vitro* Morphogenesis Pathway in Cereals // *Russ. J. Dev. Biol.* 2018b. V. 49. P. 245-259. DOI: [10.1134/S106236041805003X](https://doi.org/10.1134/S106236041805003X)
80. *Kruglova N.N., Seldimirova O.A., Zinatullina A.E.* Structural features and hormonal regulation of the zygotic embryogenesis in cereals // *Biol. Bul. Rev.* 2020. V. 10. P. 115–126. DOI: [10.1134/S2079086420020048](https://doi.org/10.1134/S2079086420020048)
81. *Liu B., Shan X., Wu Y. et al.* iTRAQ-Based Quantitative Proteomic Analysis of Embryogenic and Non-embryogenic Calli Derived from a Maize (*Zea mays* L.) Inbred Line Y423 // *Int. J. Mol. Sci.* 2018. V. 19. DOI: [10.3390/ijms19124004](https://doi.org/10.3390/ijms19124004)
82. *Lopez-Ruiz B.A., Juarez-Gonzalez V.T., Sandoval-Zapotitla E., Dinkova T.D.* Development-Related miRNA Expression and Target Regulation during Staggered In Vitro Plant Regeneration of Tuxpeno VS-535 Maize Cultivar // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. V. 20. DOI: [10.3390/ijms20092079](https://doi.org/10.3390/ijms20092079)
83. *Lu Z., Huang M., Ge D.-P. et al.* Effect of brassinolide on callus growth and regeneration in *Spartina patens* (Poaceae) // *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 2003. V. 73. P. 87–89. DOI: [10.1023/A:1022665210113](https://doi.org/10.1023/A:1022665210113)
84. *Maleki M., Ghorbanpour M., Nikabadi S., Wani S.H.* In Vitro Screening of Crop Plants for Abiotic Stress Tolerance // Wani S. (ed.) *Recent Approaches in Omics for Plant Resilience to Climate Change*. Cham: Springer, 2019. P. 75–91. DOI: [10.1007/978-3-030-21687-0_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21687-0_4)
85. *Miroshnichenko D., Chaban I., Chernobrovkina M., Dolgov S.* Protocol for efficient regulation of *in vitro* morphogenesis in einkorn (*Triticum monococcum* L.), a recalcitrant diploid wheat species // *PloS ONE*. 2017. DOI: [10.1371/journal.pone.0173533](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173533)
86. *Mohd Din A.R.J., Ahmad F.I., Wagiran A. et al.* Improvement of efficient *in vitro* regeneration potential of mature callus induced from Malaysian upland rice seed (*Oryza sativa* cv. Panderas) // *Saudi J. Biol. Sci.* 2016. V. 23. P. 69–77. DOI: [10.1016/j.sjbs.2015.10.022](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.10.022)
87. *Raizada M.N., Goron T.L., Bannerjee O. et al.* Loss of developmental pluripotency occurs in two stages during leaf aging in *Arabidopsis thaliana* // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 2017. V. 53. P. 178–187. DOI: [10.1007/s11627-017-9813-x](https://doi.org/10.1007/s11627-017-9813-x)
88. *Rakshit S., Rashid Z., Sekhar J.C. et al.* Callus induction and whole plant regeneration in elite Indian maize (*Zea mays* L.) inbreds // *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 2010. V. 100. P. 31–37. DOI: [10.1007/s11240-009-9613-z](https://doi.org/10.1007/s11240-009-9613-z)
89. *Ramulifho E., Goche T., As V.J. et al.* Establishment and Characterization of Callus and Cell Suspension Cultures of Selected Sorghum bicolor (L.) Moench Varieties: A Resource for Gene Discovery in Plant Stress Biology // *Agronomy*. 2019. V. 9. DOI: [10.3390/agronomy9050218](https://doi.org/10.3390/agronomy9050218)
90. *Sahoo S.A., Jha Z., Verulkar S.B. et al.* High-throughput cell analysis based protocol for ploidy determination in anther-derived rice callus // *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 2019. DOI: [10.1007/s11240-019-01561-2](https://doi.org/10.1007/s11240-019-01561-2)

91. Sallam A., Alqudah A.M., Dawood M.F. et al. Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research // Int. J. Mol. Sci. 2019. V. 20. DOI: [10.3390/ijms20133137](https://doi.org/10.3390/ijms20133137)
92. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Properties of the initial stages of embryoidogenesis *in vitro* in wheat calli of various origin // Biol. Bul. 2013. V. 40. P. 447–454. DOI: [10.1134/S1062359013050154](https://doi.org/10.1134/S1062359013050154)
93. Seldimirova O.A., Kruglova N.N. Androclinic embryoidogenesis *in vitro* in cereals // Biol. Bul. Rev. 2015. V. 5.P. 156-165. DOI: [10.1134/S2079086415020073](https://doi.org/10.1134/S2079086415020073)
94. Seldimirova O.A., Kudoyarova G.R., Kruglova N.N. et al. Changes in distribution of zeatin and indolil-3-acetic acid in cells during callus induction and organogenesis *in vitro* in immature embryo culture of wheat // In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. 2016a. V. 52. P. 251–264. DOI: [10.1007/s11627-016-9767-4](https://doi.org/10.1007/s11627-016-9767-4)
95. Seldimirova O.A., Titova G.E., Kruglova N.N. A complex morpho-histological approach to the *in vitro* study of morphogenic structures in a wheat anther culture // Biol. Bul. 2016b. V. 43. P. 121–126. DOI: [10.1134/S1062359016020084](https://doi.org/10.1134/S1062359016020084)
96. Seldimirova O.A., Zaytsev D.Yu., Galin I.R., Kruglova N.N. Phytohormonal regulation of *in vitro* formation of wheat androgenic structures // Научный результат. Серия физиология. 2016c. Т. 2. С. 3–8. DOI: [10.18413/2409-0298-2016-2-1-3-8](https://doi.org/10.18413/2409-0298-2016-2-1-3-8)
97. Seldimirova O.A., Bezrukova M.V., Galin I.R. et al. 24-Epibrassinolide Effect on *in vitro* Callus Tissue formation, Growth, and Regeneration in Wheat Varieties with Contrasting Drought Resistance // Russ. J. Plant Physiol. 2017a. V. 64. P. 920–930. DOI: [10.1134/S1021413717060085](https://doi.org/10.1134/S1021413717060085)
98. Seldimirova O.A., Kruglova N.N., Titova G.E., Batygina T.B. Comparative ultrastructural analysis of the *in vitro* microspore embryoids and *in vivo* zygotic embryos of wheat as a basis for understanding of cytophysiological aspects of their development // Russ. J. Dev. Biol. 2017b. V. 48. P. 185–197. DOI: [10.1134/S1062360417030109](https://doi.org/10.1134/S1062360417030109)
99. Seldimirova O.A., Kudoyarova G.R., Kruglova N.N. et al. Somatic Embryogenesis in Wheat and Barley Callus *in vitro* Is Determined by the Level of Indolacetic and Abscisic Acids // Russ. J. Dev. Biol. 2019. V. 50. P. 124–135. DOI: [10.1134/S1062360419030056](https://doi.org/10.1134/S1062360419030056)
100. Shakirova F., Allagulova C., Maslennikova D. et al. Involvement of dehydrins in 24-epibrassinolide-induced protection of wheat plants against drought stress // Plant Physiol. Biochem. 2016. V. 108. P. 539–548. DOI: [10.1016/j.plaphy.2016.07.013](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.07.013)
101. Sugiyama M. Historical review of research on plant cell dedifferentiation // J. Plant Research. 2015. V. 128. P. 349–359. DOI: [10.1007/s10265-015-0706-y](https://doi.org/10.1007/s10265-015-0706-y)
102. Yadav T., Kothari S.L., Kachhwaha S. Evaluation of regeneration potential of mature embryo derived callus in Indian cultivars of barley (*Hordeum vulgare* L.) // J. Plant Biochem. Biotechnol. 2011. V. 20. P. 166–172. DOI: [10.1007/s13562-011-0042-9](https://doi.org/10.1007/s13562-011-0042-9)
103. Yuldashev R., Avalbaev A., Bezrukova M. et al. Cytokinin oxidase is involved in the regulation of cytokinin content by 24-epibrassinolide in wheat seedlings // Plant Physiol. Biochem. 2012. V. 55. P. 1–6. DOI: [10.1016/j.plaphy.2012.03.004](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.03.004)
104. Zeeshan M., Lu M., Sehar S. et al. Comparison of Biochemical, Anatomical, Morphological, and Physiological Responses to Salinity Stress in Wheat and Barley Genotypes Deferring in Salinity Tolerance // Agronomy. 2020. DOI: [10.3390/agronomy10010127](https://doi.org/10.3390/agronomy10010127)