

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА КАЛЛУСООБРАЗОВАНИЯ СОРТОВ ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Л. Р. Климова, Г. И. Иматуллина, Ф. З. Кадырова

**Реферат.** Проведено сравнительное исследование морфогенетического потенциала четырех генотипов гречихи обыкновенной в культуре *in vitro*. Актуальность работы обусловлена необходимостью оптимизировать режим культивирования эксплантов *Fagopyrum esculentum* в условиях *in vitro* и оценить регенерационную активность и соматоклональную изменчивость генотипов для использования их в клеточной селекции. Впервые проведена комплексная оценка диплоидных сортов Яшлык, Батыр, Агата и тетраплоидной популяции Медовая по комплексу морфофизиологических признаков и регенеративной активности растительных тканей. Эксперимент выполнен на модифицированной агаризованной среде Мурасиге-Скуга с использованием гипокотильных эксплантов. Методология включала оценку каллусообразующей способности, морфологический анализ каллусных тканей, расчет индекса роста и удельной скорости роста. Установлены статистически значимые межсортные различия по всем изучаемым показателям. Сорт Батыр проявил максимальную регенерационную активность с частотой каллусообразования 81,0% и сформировал морфогенетически компетентные каллусные ткани плотной консистенции с меристематическими очагами. Сорт Медовая продемонстрировал наивысшую пролиферативную активность с индексом роста 1,23 и удельной скоростью роста 0,029 сут<sup>-1</sup>. Выявлена обратная зависимость между морфогенетической компетентностью и интенсивностью пролиферации каллусных культур. Основной вывод исследования свидетельствует о генетической детерминированности изученных признаков и позволяет рекомендовать сорт Батыр для задач микроразмножения и получения соматоклональных вариантов, тогда как сорт Медовая представляет интерес для целей биомассного культивирования. Полученные результаты имеют практическое значение для селекционных программ, использующих клеточные технологии.

**Ключевые слова:** гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*), каллусообразование, *in vitro*, индекс роста, удельная скорость роста.

**Для цитирования:** Климова Л.Р., Иматуллина Г.И., Кадырова Ф.З. Оценка потенциала каллусообразования сортов гречихи обыкновенной // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2025. №3 (15). С. 20-25 <https://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-20-25>

**Введение.** Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) утвердилась в статусе стратегически значимой псевдозерновой культуры, что обусловлено не только ее агроэкологической пластичностью, но и исключительной питательной ценностью производимого зерна. Биохимический профиль зерновок гречихи характеризуется высоким содержанием сбалансированного по аминокислотному составу белка, что делает ее незаменимым компонентом безглютеновых диет, а также уникальным комплексом фенольных соединений, главным образом рутина, обладающих доказанной антиоксидантной и противовоспалительной активностью [1, 2, 3]. Нутрицевтический потенциал культуры и ее роль в функциональном питании продолжают быть предметом интенсивного изучения [4], что, в свою очередь, обуславливает необходимость интенсификации селекционного процесса, направленного на повышение урожайности и улучшение качества плодов [5].

Между тем, традиционная селекция гречихи сталкивается с существенными методологическими ограничениями, кроющимися в биологических особенностях вида – гетеростилии, высокой степени самонесовместимости и низком коэффициенте размножения [6, 7]. Преодоление этих лимитирующих факторов видится в активном внедрении биотехнологических подходов, среди которых ключевое место занимает культура изолированных тканей и органов *in vitro*. Этот метод позволяет

осуществлять клональное микроразмножение ценных генотипов, индуцировать направленную генетическую изменчивость и проводить селекцию на клеточном уровне [8, 9].

История развития методов *in vitro* для гречихи берет начало с работ по регенерации растений из фрагментов семядолей [10]. Последующие исследования были сконцентрированы на изучении соматического эмбриогенеза и органогенеза в культурах различных эксплантов, таких как гипокотили [11, 12] и семядоли [13], однако достигнутые результаты часто характеризовались низкой воспроизводимостью и сильной генотипической зависимостью [6]. Фундаментальной проблемой остается недостаточная морфогенная компетентность каллусных тканей, требующая углубленного изучения их цитофизиологических особенностей для идентификации маркеров регенерационного потенциала [14].

Современный этап развития биотехнологии гречихи характеризуется поиском новых путей повышения эффективности морфогенеза. Перспективными направлениями являются использование природных элиситоров, в частности, экстрактов растений, для стимуляции дедифференцировки и регенерации [15], а также применение стресс-факторов, таких как ионы тяжелых металлов (меди, цинка), для индукции соматоклональной изменчивости с целью последующего отбора хозяйственно-ценных форм [8, 16]. Важным аспектом остается оптимизация условий

культивирования, включая гормональный баланс питательных сред, для усиления биосинтеза вторичных метаболитов, например, флавоноидов, в каллусных культурах [17]. Значительный прорыв связан с разработкой регенерационных протоколов, интегрированных с методами генетической трансформации, таких как система индукции «волосатых корней», что открывает возможности для целенаправленного редактирования генома [18]. Накопленный опыт, обобщенный в ряде обзоров и методических руководств [6, 18], свидетельствует о переходе от экспериментальных разработок к созданию новых генотипов для селекции. Однако, если методы регенерации в культуральных средах на других видах (*Solanum tuberosum*, *Fagopyrum tataricum* и др) изучены достаточно и позволяют решать прикладные аспекты селекции и семеноводства, то для *Fagopyrum esculentum* понадобилось адаптировать существующие технологии и разработать наиболее оптимальный режим культивирования в условиях *in vitro*.

Таким образом, несмотря на очевидный прогресс, задача разработки высокоэффективных и воспроизводимых биотехнологических протоколов для гречихи посевной, обеспечивающих стабильный морфогенез и регенерацию растений, сохраняет свою актуальность. Цель работы - разработать оптимальный режим культивирования в *in vitro* экспланты крупноплодной диплоидной и тетраплоидной гречихи селекции Татарского НИИСХ, и выявить генотипы с высокой способностью к каллусогенезу и регенерации для использования этого материала в клеточной селекции.

**Условия, материалы и методы.** Для проведения оценки каллусообразования в

*in vitro* были отобраны три генотипа диплоидной (Яшьлек, Батыр, Агата) и один генотип тетраплоидной (Медовая) гречихи обыкновенной созданных в Татарском НИИСХ.

Сорт Батыр – получен путем индивидуально-семейного отбора из гибридной комбинации Молва х Казанская 309. По морфологическим особенностям относится к краснострелцкому морфобиотипу.

Сорт Яшьлек – выведен многократным семейственно-групповым отбором из материалов селекционного питомника фасциированных форм. Популяция сформирована из растений с фасциациями зоны ветвления стебля.

Сорт Агата – выведен многократным семейственно-групповым отбором из питомника высокопродуктивных растений. Популяция состоит из растений с фасциациями зоны плодоношения стебля, имеющих крупные верхушечные соцветия.

Тетраплоидная популяция Медовая – получен естественным отбором на негативном фоне из сорта Эмка, имеет развитый габитус растения, высокую ветвистость, крупное зерно.

Для исследования были использованы плоды, полученные в один год при одинаковых условиях вегетационного периода, фракции 3,2-3,5 мм. При визуальной оценке плодов околоплодник был без повреждений.

Базовой средой для работы была выбрана агаризованная модифицированная среда Murashige-Skoog, которая широко применяется в биотехнологии растений благодаря сбалансированному составу макро- и микроэлементов (табл.1). Кислотность питательной среды была 5,6...5,7 единиц pH.

Таблица 1 – Состав питательной среды Murashige-Skoog, используемой в эксперименте

| Компонент                                                               | Содержание, мг/л |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Нитрат аммония ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )                             | 1650             |
| Нитрат калия ( $\text{KNO}_3$ )                                         | 1900             |
| Дигидрофосфат калия ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )                        | 170              |
| Сульфат магния ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )            | 370              |
| Хлорид кальция ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )            | 440              |
| Сульфат марганца ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )          | 24,1             |
| Сульфат цинка ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )             | 8,6              |
| Борная кислота ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )                              | 6,2              |
| Йодид калия (KI)                                                        | 0,83             |
| Молибдат натрия ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) | 0,025            |
| Сульфат меди ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )              | 0,025            |
| Хлорид кобальта ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )           | 0,025            |
| Хелат железа ( $\text{FeNaEDTA}$ )                                      | 27,8             |
| Инозитол                                                                | 100              |
| Никотиновая кислота (PP)                                                | 0,5              |
| Пиридоксин (B6)                                                         | 0,5              |
| Тиамин (B1)                                                             | 0,1              |
| Индолил-3-уксусной кислоты (ИУК)                                        | 0,2              |
| 6-бензиламинопурин (БАП)                                                | 3,0              |
| Кинетин                                                                 | 0,2              |
| Глицин                                                                  | 2                |
| Сахароза                                                                | 30000            |
| Агар                                                                    | 7000             |

Питательную среду готовили на средоварке марки Systec MediaPrep-10. После разлива в чашки Петри, проводят стерилизацию среды автоклавированием. Условия автоклавирования следующие: температурный режим 121°C, давление 1 атмосфера, время автоклавирования 20 минут. Далее чашки Петри для предотвращения конденсации охлаждали до 50°C, и затем герметизируют парафилом или пищевой пленкой.

Для проведения стерилизации питательной среды использовался автоклав марки Binder FD 115. Стерилизацию рабочего инструмента при проведении работ проводили при помощи спиртовой горелки.

Для проведения эксперимента использовали следующие лабораторные инструменты: Электронные лабораторные дозаторы, скальпели, пинцеты, ножницы, щипцы с тупыми или острыми концами длиной 160-200 мм.

Из лабораторной посуды использовали: мерные стаканы объемом 500 и 1000мл, чашки Петри, пробирки, контейнеры для временного хранения, автоклавируемые банки.

Экспериментальную работу проводили в ламинарном боксе, после чего экспланты помещали в ростовую комнату. Инкубация проводилась при +25°C и световом режиме 16/8.

Хранение стоковых растворов гормонов для предотвращения деградации проводилось в морозильных камерах при -20°C.

Стерилизация плодов проводилась по методу Барсуковой Е.Н.: зрелые плоды с перикарпием (плодовой оболочкой) помещали в концентрированную серную кислоту на 2 минуты, после чего трижды промывали в течение 5-10 минут стерильной дистиллированной водой, освобождали от перикарпия и пассировали на питательную безгормональную среду Мурасиге и Скуга для получения стерильных проростков [19].

Для получения каллуса были выбраны семидневные проростки, у которых был отделен

гипокотиль и пересажен на среду. Для проведения эксперимента использовали по 200 образцов каждого изучаемого генотипа. Экспланты культивировали в чашках Петри, размещая по 5 штук в каждой с последующим пассированием. Опыт проводили в четырехкратной биологической повторности. Для расчета индекса роста и удельной скорости роста использовались данные, полученные с четырех пассажей. Интенсивность роста каллусной культуры оценивали путем расчета индекса роста (ИРК) по формуле:  $ИРК = (M_k - M_n) / M_n$ , где  $M_n$  и  $M_k$  — начальная и конечная масса каллуса, соответственно. Удельную скорость роста ( $\mu$ ,  $сут^{-1}$ ) каллусной ткани рассчитывали на 28-е сутки культивирования по формуле:  $\mu = [\ln (M_2 / M_1)] / \Delta t$ , где  $M_1$  и  $M_2$  — масса каллуса на начало эксперимента и на 28-е сутки соответственно, а  $\Delta t = 28$  суток. Полученные в ходе исследований данные были обработаны с помощью пакета программ, входящих в состав Microsoft Excel (дисперсионный анализ).

**Результаты и обсуждение.** Одним из ключевых показателей, характеризующих морфогенетический потенциал изолированных тканей *in vitro*, является способность к образованию каллуса. Проведенный сравнительный анализ каллусогенного потенциала четырех сортов в условиях *in vitro*-культивирования выявил статистически значимые межсортные различия по показателю каллусообразующей способности (табл. 2). Наибольшей каллусогенной активностью характеризовался сорт «Батыр», у которого данный показатель достиг 81,0%. Сорта «Агата» (79,0%) и «Медовая» (74,5%) продемонстрировали средние значения, тогда как минимальная способность к образованию каллусной ткани была зафиксирована у сорта «Яшлык» (67,0%). Полученный разброс значений от 67,0% до 81,0% убедительно свидетельствует о генетической детерминированности данного признака.

Таблица 2 – Каллусообразующая способность различных сортов гречихи

| Объект исследования | Изолировано гипокотилей на питательной среде <i>in Vitro</i> , шт | Образованно каллусов в среднем за четыре пассажа, шт | Каллусообразующая способность, % |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Агата               | 200                                                               | 158                                                  | 79,0%                            |
| Яшлык               | 200                                                               | 134                                                  | 67,0%                            |
| Медовая             | 200                                                               | 149                                                  | 74,5%                            |
| Батыр               | 200                                                               | 162                                                  | 81,0%                            |
| НСР <sub>05</sub>   | -                                                                 | 1,81                                                 | -                                |

Культура каллусной ткани является модельной системой для оценки морфогенетического потенциала растений *in vitro*. Морфологические характеристики каллуса, такие как цвет и плотность, являются важными диагностическими признаками, позволяющими оценить физиологическое состояние культуры и ее способность к органогенезу. Проведенный морфологический анализ каллусных культур, инициированных из гипокотильных

эксплантов четырех сортов, выявил как общие черты, так и значимые различия (табл. 3).

Как следует из представленных данных, каллусные ткани сортов Агата, Яшлык и Медовая характеризовались сходным бурочеричным цветом и рыхлой, сильно обводненной структурой, склонной к распаду на мелкие агрегаты, что может свидетельствовать о низком тургоре клеток и ограниченной морфогенетической компетентности.

В отличие от них, каллус сорта Батыр также имел буро-коричневую пигментацию, но отличался плотной структурой с хорошо

выраженными меристематическими очагами, что коррелировало с активной регенерацией побегов.

Таблица 3 – Морфологическое описание полученных каллусов

| Объект исследования | Морфологическое описание |                                                                       |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                     | цвет                     | плотность                                                             |
| Агата               | Буро-коричневый          | рыхлый обводненный, распадающийся на мелкие агрегаты                  |
| Яшьлек              | Буро-коричневый          | рыхлый обводненный каллус, распадающийся на мелкие агрегаты           |
| Медовая             | Буро-коричневый          | рыхлый обводненный каллус, распадающийся на мелкие агрегаты           |
| Батыр               | Буро-коричневый          | средней плотности с меристематическими очагами и регенерацией побегов |

Для преодоления этих ограничений необходимо активное внедрение количественной оценки пролиферативной активности каллусных культур, поскольку кинетика ростовых процессов объективно отражает их физиологический статус и метаболический потенциал. Определение скорости накопления биомассы позволяет проводить сравнительный анализ морфогенетической компетентности различных генотипов и отбирать наиболее перспективные клеточные линии для целей микроразмножения, селекции и биосинтеза ценных вторичных метаболитов (табл. 4).

Для количественной оценки использовались ключевые параметры: индекс роста и удельная скорость роста ( $\mu$ , сут<sup>-1</sup>). Продолжительность пассажа для всех вариантов опыта составила 28 суток. Полученные данные

демонстрируют наличие статистически значимых межсортных различий по изучаемым показателям. Наибольшей пролиферативной активностью характеризовалась культура сорта «Медовая», у которой зафиксированы максимальные значения индекса роста (1,23) и удельной скорости роста (0,029 сут<sup>-1</sup>). Каллусные ткани сортов «Агата» (индекс роста 0,96) и «Батыр» (0,90) показали умеренные, но достоверно более высокие результаты по сравнению с сортом «Яшьлек», который продемонстрировал минимальную интенсивность пролиферации (индекс роста 0,69,  $\mu = 0,019$  сут<sup>-1</sup>). Полученный диапазон значений удельной скорости роста соответствует характерному для культур клеток высших растений, что свидетельствует о корректности условий проведения эксперимента.

Таблица 4 – Параметры роста каллуса за цикл

| Объект исследования | Начальная масса каллуса, г | Масса каллуса в конце пассажа, г | Продолжительность пассажа, сут | Индекс роста | Удельная скорость роста, сут <sup>-1</sup> |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------------------|
| Агата               | 1,42                       | 2,78                             | 28                             | 0,96         | 0,024                                      |
| Яшьлек              | 1,24                       | 2,10                             | 28                             | 0,69         | 0,019                                      |
| Медовая             | 1,57                       | 3,50                             | 28                             | 1,23         | 0,029                                      |
| Батыр               | 1,51                       | 2,87                             | 28                             | 0,90         | 0,023                                      |
| НСР <sub>05</sub>   | 0,2                        | 0,10                             | -                              | -            | -                                          |

**Выводы.** Проведенное комплексное исследование позволило дать сравнительную оценку морфогенетического потенциала и ростовой активности каллусных культур четырех перспективных сортов. Полученные результаты убедительно демонстрируют наличие статистически значимой генетически детерминированной вариабельности по всем изученным показателям *in vitro*.

Анализ каллусообразующей способности гипокотильных эксплантов выявил сорта-лидеры по эффективности инициации каллусогенеза. Наибольший процент образования каллусной ткани показали сорта «Батыр» (81,0%) и «Агата» (79,0%), что свидетельствует об их высокой отзывчивости на условия культивирования. Значительно уступали им сорта «Медовая» (74,5%) и особенно «Яшьлек» (67,0%).

Ключевые различия были установлены в ходе морфологического анализа. Каллусы сортов «Агата», «Яшьлек» и «Медовая» имели сходную буро-коричневую пигментацию и рыхлую, склонную к распаду структуру, что указывает на их низкую морфогенетическую компетентность, несмотря на высокую частоту калусогенеза. Принципиально иная картина наблюдалась у сорта «Батыр», каллусная ткань которой, обладая аналогичной пигментацией, отличалась плотной консистенцией с активными меристематическими очагами и признаками регенерации побегов, что характеризует его как высокоперспективный генотип для микроразмножения и использования в клеточной селекции.

Оценка кинетики роста выявила иного лидера. Максимальные значения индекса роста (1,23) и удельной скорости роста

( $\mu=0,04 \text{ сут}^{-1}$ ) были зафиксированы у тетраплоидного сорта «Медовая», что указывает на ее высокий пролиферативный потенциал. Сорта «Агата» и «Батыр» показали умеренные, но достоверные темпы прироста биомассы, тогда как «Яшьлек» вновь продемонстрировал минимальные результаты.

### Литература

1. Phytochemical and Pharmacological Profiles of Three Fagopyrum Buckwheats/ Jing R., Li H., Hu C. et al.// International Journal of Molecular Sciences. 2016. Vol.17. No. 4. P. 589 doi: <https://doi.org/10.3390/ijms17040589>.
2. Nutritional profile, bioactive properties and potential health benefits of buckwheat: A review/ Sonawane, S., Shams, R., Dash, K., et al.// eFood. 2024. Vol. 5, No. 4. doi: <https://doi.org/10.1002/efd2.171>.
3. Morales D., Miguel M., Garcés-Rimón M. Pseudocereals: a novel source of biologically active peptides// Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. Vol. 61(9). pp. 1537–1544. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1761774>.
4. Is cytotoxicity a determinant of the different in vitro and in vivo effects of bioactives?/ Nunzio M. Di, Valli V., Tomás-Cobos L. et al.// BMC Complementary and Alternative Medicine. 2017. Vol. 17. P. 453. URL: <https://bmccomplementmedtherapies.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12906-017-1962-2> (дата обращения: 20.09.2025)
5. Кадырова Ф. З., Климова Л.Р., Кадырова Л.Р. Формирование качества плодов в процессе селекции гречихи// Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 4(4). С. 29-33. doi: [10.12737/2782-490X-2022-29-33](https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-29-33).
6. Tomasiak A., Zhou M., Betekhtin A. Buckwheat in tissue culture research: current status and future perspectives// International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23(4). pp. 2298. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms23042298>
7. Суворова Г.Н., Соболева Г.В., Бобков С.В., Иконников А.В. Разработка и использование биотехнологических методов для создания новых форм растений зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 2(2). С. 10–13.
8. Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л. Селекция гречихи посевной с применением культуры in vitro // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5(194). С. 17–23. doi: [10.36718/1819-4036-2023-5-17-23](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-5-17-23).
9. Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л. Использование метода культуры ткани для создания новых форм Fagopyrum esculentum Moench // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 3–6. DOI [10.31857/S2500-2627201953-6](https://doi.org/10.31857/S2500-2627201953-6).
10. Plant regeneration from cotyledon tissues of common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)/ Woo, S.H., Nair, A., Adachi, T. et al.// In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. 2020. Vol. 36. pp. 358–361. doi: <https://doi.org/10.1007/s11627-000-0063-x>
11. Somatic Embryogenesis and Bud Formation on Cultured Fagopyrum esculentum/ Gumerova, E.A., Galeeva, E.I., Chuyenkova, S.A. et al.// Russian Journal of Plant Physiology. 2003. Vol. 50. pp. 640–645. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1025640107932>
12. Соматический эмбриогенез и геммогенез в культуре тканей гипокотилей Fagopyrum esculentum/ Е.А. Гумерова, Е.И. Галеева, С.А. Чуенкова и др. // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 5. С. 716–721.
13. Efficient and rapid system of plant regeneration via protoplast cultures of Fagopyrum esculentum Moench./ Zaranek, M., Pérez-Pérez, R., Milewska-Hendel, A. et al.// Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2023. Vol. 154. pp. 673–687 doi: <https://doi.org/10.1007/s11240-023-02542-2>
14. Зинатуллина А.Е. Цитофизиологические особенности контрастных типов каллусов in vitro // Успехи современной биологии. 2020. Т. 140. № 2. С. 183–194. DOI [10.31857/S0042132420020040](https://doi.org/10.31857/S0042132420020040).
15. Borovaya S. A., Boginskaya N. G., Klykov A. G. Using plant extracts for the micropropagation of buckwheat// Vegetable Crops of Russia. 2023. No. 5. pp. 37-42. doi: [10.18619/2072-9146-2023-5-37-42](https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-37-42).
16. Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л. Селекционная оценка сортообразцов гречихи посевной (Fagopyrum esculentum Moench), полученных с использованием ионов меди и цинка // Аграрная наука. 2023. № 9. С. 84–89. DOI [10.32634/0869-8155-2023-374-9-84-89](https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-84-89).
17. Moumou Y., Trotin F., Dubois J. Influence of Culture Conditions on Polyphenol Production by Fagopyrum esculentum Tissue Cultures// Journal of Natural Products. 1992. Vol. 55. No. 1. pp. 33-38. doi: <https://doi.org/10.1021/np50079a004>
18. Callus Induction Followed by Regeneration and Hairy Root Induction in Common Buckwheat/ D.O. Omelchenko, E.S. Glagoleva, A.Y. Stepanovay, et al// Buckwheat. Methods in Molecular Biology. 2024. Vol. 2791. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3794-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3794-4_1)
19. Способ размножения гречихи in vitro: пат. № 2538167 С1 Рос. Федерация № 2013135431/10/ Е. Н. Барсукова; заявл. 26.07.2013; опубл. 10.01.2015

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

### Сведения об авторах:

Климова Лилия Рафкатовна - младший научный сотрудник, e-mail: [li21@mail.ru](mailto:li21@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7333-2386>

Иматуллина Гульназ Илфатовна - младший научный сотрудник, e-mail: [morozisummer@gmail.com](mailto:morozisummer@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0009-9647-0464>

ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия.

Кадырова Фануся Загитовна - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего земледелия защиты растений и селекции, e-mail: [fanusa51@yandex.ru](mailto:fanusa51@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7093-3269>

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

## ASSESSMENT OF CALLUS-FORMING POTENTIAL OF BUCKWHEAT VARIETIES

L. R. Klimova, G. I. Imatullina, F. Z. Kadyrova

**Abstract.** A comparative study of morphogenetic potential of four buckwheat genotypes in vitro was conducted. The relevance of the study is due to the need to optimize the in vitro cultivation of *Fagopyrum esculentum* explants and evaluate the regenerative activity and somaclonal variability of genotypes for use in cell selection. For the first time, a comprehensive assessment of Yashlek, Batyr and Agata diploid varieties and Medovaya tetraploid population was conducted for a set of morphophysiological features and regenerative activity of plant tissues. The experiment was performed on a modified Murashige-Skoog agar medium using hypocotyl explants. The methodology included an assessment of callus-forming capacity, morphological analysis of callus tissues and calculation of the growth index and specific growth rate. Statistically significant inter-varietal differences were identified for all studied indicators. Batyr variety showed maximum regenerative activity with a callus formation rate of 81.0% and formed morphogenetically competent callus tissues of a dense consistency with meristematic foci. Medovaya variety demonstrated the highest proliferative activity with a growth index of 1.23 and a specific growth rate of 0.029 days<sup>-1</sup>. An inverse relationship was found between morphogenetic competence and the intensity of callus culture proliferation. The main conclusion of the study indicates the genetic determination of the studied traits and allows us to recommend Batyr variety for micropropagation and the production of somaclonal variants, while Medovaya variety is of interest for biomass cultivation. The obtained results have practical implications for breeding programs using cell-based technologies.

**Key words:** buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), callus formation, in vitro, growth index, specific growth rate.

**For citation:** Klimova L.R., Imatullina G.I., Kadyrova F.Z. Assessment of callus-forming potential of buckwheat varieties. *Agrobiotechnology and digital farming*. 2025; 3 (15). 20-25 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-20-25>

## References

1. Jing R, Li H, Hu C. Phytochemical and pharmacological profiles of three fagopyrum buckwheats. *International Journal of Molecular Sciences*. 2016; Vol.17. No.4. 589 p. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms17040589>.
2. Sonawane S, Shams R, Dash K. Nutritional profile, bioactive properties and potential health benefits of buckwheat: a review. *eFood*. 2024; Vol.5. No.4. doi: <https://doi.org/10.1002/efd2.171>.
3. Morales D, Miguel M, Garcés-Rimón M. Pseudocereals: a novel source of biologically active peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021; Vol.61(9). 1537-1544 p. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1761774>.
4. Nunzio MDi, Valli V, Tomas-Cobos L. Is cytotoxicity a determinant of the different in vitro and in vivo effects of bioactives? [Internet]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 2017; Vol.17. 453 p. [cited 2025, September 20]. Available from: <https://bmccomplementarymedtherapies.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12906-017-1962-2>
5. Kadyrova FZ, Klimova LR, Kadyrova LR. [Formation of fruit quality in the process of buckwheat breeding]. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie*. 2022; 4(4). 29-33 p. doi: [10.12737/2782-490X-2022-29-33](https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-29-33).
6. Tomasiak A, Zhou M, Betekhtin A. Buckwheat in tissue culture research: current status and future perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; Vol.23(4). 2298 p. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms23042298>
7. Suvorova GN, Soboleva GV, Bobkov SV, Ikonnikov AV. [Development and use of biotechnological methods for creating new forms of grain legumes and cereal crops]. *Zernobobovye i krupyanye kultury*. 2012; 2(2). 10-13 p.
8. Barsukova EN, Klykov AG, Chaykina EL. [Breeding of common buckwheat using in vitro culture]. *Vestnik KrasGAU*. 2023; 5(194). 17-23 p. doi: [10.36718/1819-4036-2023-5-17-23](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-5-17-23).
9. Barsukova EN, Klykov AG, Chaykina EL. [Using the tissue culture method to create new forms of *Fagopyrum esculentum* Moench]. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka*. 2019; 5. 3-6 p. DOI [10.31857/S2500-2627201953-6](https://doi.org/10.31857/S2500-2627201953-6).
10. Woo SH, Nair A, Adachi T. Plant regeneration from cotyledon tissues of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 2020; Vol.36. 358-361 p. doi: <https://doi.org/10.1007/s11627-000-0063-x>
11. Gumerova EA, Galeeva EI, Chuyenkova SA. Somatic embryogenesis and bud formation on cultured *Fagopyrum esculentum*. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2003; Vol.50. 640-645 p. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1025640107932>
12. Gumerova EA, Galeeva EI, Chuenkova SA. [Somatic embryogenesis and hemmogenesis in *Fagopyrum esculentum* Hypocotyl]. *Fiziologiya rasteniy*. 2003; Vol.50. 5. 716-721 p.
13. Zaranek M, Perez-Perez R, Milewska-Hendel A. Efficient and rapid system of plant regeneration via protoplast cultures of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2023; Vol.154. 673-687 p. doi: <https://doi.org/10.1007/s11240-023-02542-2>
14. Zinatullina AE. [Cytophysiological features of contrasting calli types in vitro]. *Uspekhi sovremennoy biologii*. 2020; Vol.140. 2. 183-194 p. DOI [10.31857/S0042132420020040](https://doi.org/10.31857/S0042132420020040).
15. Borovaya SA, Boginskaya NG, Klykov AG. Using plant extracts for the micropropagation of buckwheat. *Vegetable Crops of Russia*. 2023; No.5. 37-42 p. doi: [10.18619/2072-9146-2023-5-37-42](https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-5-37-42).
16. Barsukova EN, Klykov AG, Chaykina EL. [Breeding evaluation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) varieties obtained using copper and zinc ions]. *Agrarnaya nauka*. 2023; 9. 84-89 p. DOI [10.32634/0869-8155-2023-374-9-84-89](https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-84-89).
17. Moumou Y, Trotin F, Dubois J. Influence of culture conditions on polyphenol production by *Fagopyrum esculentum* tissue cultures. *Journal of Natural Products*. 1992; Vol.55. No.1. 33-38 p. doi: <https://doi.org/10.1021/np50079a004>
18. Omelchenko DO, Glagoleva ES, Stepanovau AY. Callus induction followed by regeneration and hairy root induction in common buckwheat. *Buckwheat. Methods in Molecular Biology*. 2024; Vol.2791. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3794-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3794-4_1)
19. Barsukova EN. [Method for in vitro buckwheat propagation]. Patent No. 2538167 C1 Russian Federation No. 2013135431/10. Declared July 26, 2013; published January 10, 2015.

## Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

## Authors:

Klimova Liliya Rafkatovna - junior researcher, e-mail: [li21@mail.ru](mailto:li21@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7333-2386>

Imatullina Gulnaz Ilfatovna - junior researcher, e-mail: [morozisummer@gmail.com](mailto:morozisummer@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0009-9647-0464>

Tatar Research Institute of Agriculture of Federal Research Center of Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia.

Kadyrova Fanusa Zagitovna - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: [fanusa51@yandex.ru](mailto:fanusa51@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7093-3269>

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.