

М. Ю. Карпухин, Т. А. Рогачева

*Уральский государственный аграрный университет
(г. Екатеринбург)*

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ ИЗ IN VITRO МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ УРАЛА

Аннотация. Картофель одна из важнейших сельскохозяйственных культур в России и в свердловской области в том числе, занимающая обширные площади сельскохозяйственных земель. Наиболее важными факторами при производстве картофеля на Урале являются доступность влаги для урожая и климатические особенности. У картофеля выделяют семь основных репродукций, такие как, культура *in vitro*, мини-клубни, первая полевая репродукция, супер-суперэлита, суперэлита, элита, 1 репродукция. Дальнейшее производство картофеля является нецелесообразным, так как данная культура имеет особенность накапливать вирусные заболевания. В данной статье будет рассмотрена технология производства картофеля, начиная от культуры *in vitro* и заканчивая поступлением картофеля к потребителям, проходя все этапы современных способов выращивания.

Ключевые слова: картофель, репродукция, семена, *in vitro*, черенкование, Урал

TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF SEED POTATOES FROM IN VITRO MATERIAL IN THE CONDITIONS OF THE URALS

Annotation. Potatoes are one of the most important agricultural crops in Russia and in the Sverdlovsk region as well, occupying vast areas of agricultural land. The most important factors in potato production in the Urals are the availability of moisture for the crop and climatic conditions. In potatoes, there are seven main reproductions, such as *in vitro* culture, mini-tubers, first field reproduction,

super-super elite, super elite, elite, 1 reproduction. Further production of potatoes is impractical, since this crop has the ability to accumulate viral diseases. This article will discuss the technology of potato production, starting from in vitro culture and ending with the delivery of potatoes to consumers, going through all the stages of modern growing methods.

Keywords: *potato, reproduction, seeds, in vitro, cuttings, Ural*

Для цитирования:

Карпухин, М. Ю. Технология производства семенного картофеля из in vitro материала в условиях Урала / М. Ю. Карпухин, Т. А. Рогачева // Вестник биотехнологии. 2024. № 2.

Картофель одна из самых востребованных пищевых культур в России, и одним из крупнейших поставщиков картофеля является Свердловская область, несмотря на суровые климатические условия региона.

В условиях Урала производство семенного картофеля играет важную роль для обеспечения региона высококачественным посадочным материалом. Однако традиционные методы размножения картофеля имеют свои недостатки, такие как возможность передачи заболеваний и паразитов, а также потери урожая из-за неблагоприятных климатических условий.

В связи с этим, использование технологии производства семенного картофеля из in vitro материала становится все более популярным. Этот метод предполагает размножение культуры в специально созданных условиях, что позволяет получить высококачественное и здоровое растение без риска заражения болезнями.

Основным фактором высокой продуктивности производства картофеля на Урале является выведение новых устойчивых сортов и применение прогрессивных методов выращивания.

Самый крупный научно-исследовательский центр в Свердловской области, который занимается производством in vitro материала, это Уральский НИИСХ, занимающийся размножением, выращиванием и выведением новых сортов и семенного материала.

Получение сертифицированного *in vitro* материала и его ускоренное клональное микроразмножение позволяют с максимальной эффективностью тиражировать и производить необходимый объем исходного материала для оригинального семеноводства. Применение тиражирования в процессе ускоренного размножения позволяет выращивать в искусственных лабораторных условиях запланированный объем здорового материала для его включения в реализации семеноводческой программы. Нарращивание объемов производства исходного материала на первых этапах ведения оригинального семеноводства способствует увеличению площадей качественным сертифицированным семенным материалом, что в свою очередь обеспечивает высокую урожайность оригинального и элитного семенного картофеля [1].

Согласно технологическому процессу, разработанному ВНИИКХ им. А. Г. Лорха, семеноводство картофеля включает ряд последовательных этапов:

1. Исходный материал

- 1.1 Банк здоровых сортов картофеля (БЗСК)
в полевых условиях и коллекция *in vitro*
- 1.2 Базовые клоны, отобранные в БЗСК
для введения в культуру *in vitro*

2. Оригинальный семенной картофель

- 2.1 Тепличные мини-клубни
- 2.2 Первое полевое поколение из мини-клубней
- 2.3 Супер-суперэлита

3. Элитный семенной картофель

- 3.1 Суперэлита
- 3.2 Элита

4. Репродуктивный (сертифицированный) семенной картофель

- 4.1 1 и 2 репродукции элиты

Исходный материал картофеля получается по методу культуры меристемы и в последующем выращивается в пробирке с питательной средой.

Меристема, или образовательная ткань растений, играет особую роль, обеспечивая их рост, образование новых вегетативных побегов и цветков. Меристематическая культура позволяет выращивать здоровые растения даже для сортов, заражённых вирусами. Вирусы быстро распространяются по растению через проводящую систему, но медленно перемещаются между клетками. Из-за того, что апикальная меристема, ответственная за верхушечный рост побегов, недоступна через проводящую, проникновение вирусов в меристему происходит медленно. Но даже в этом случае есть вероятность заражения, поэтому перед культивированием эксплант нагревают или обрабатывают противовирусными препаратами. Следовательно, из здорового каллуса с использованием растительных гормонов и других веществ, можно индуцировать образование побегов, корней и даже зародышей-эмбриоидов, которые затем превращаются в проростки. Таким образом, с помощью клеточной культуры можно быстро получить множество оздоровленных растений.

Первое растение, проверяется методом ПЦР анализа на наличие вирусов, по результатам которого мы получаем оздоровленный материал *in vitro*.

Далее первое растение вынимается из пробирки внутри стерильного ламинарного бокса сотрудником лаборатории делиться на несколько черенков по междоузлиям и распределяется по новым пробиркам с питательной средой для дальнейшего роста.

Пробирки, наполненные питательной средой с исходным материалом, устанавливаются на штативы в помещении с циклическим освещением и постоянной температурой и влажностью для достижения оптимальных показателей роста растений, в зависимости какова конечная цель предприятия.

Растения картофеля, выращенные в пробирках, можно использовать для получения мини- или микроклубней. Чтобы получить миниклубни, пробирочные растения нужно высадить в защищённый грунт. Это необходимо, потому что корневая система пробирочных растений слабая и подстроена к легкодоступным питательным веществам. Поэтому перед высадкой подготавливают подходящий субстрат, например, верховой торф. У растений, выращенных *in vitro*, кутикулярный восковой налёт на листьях становится тоньше или исчезает совсем, а механизм открывания и закрывания устьиц работает менее эффективно, поскольку транспирация в пробирке происходит интенсивнее. Всё это требу-

ет обязательной высадки пробирочных растений в защищённый грунт, чтобы уменьшить стресс при переносе растений из условий в условия *ex vitro*.

Когда материал *in vitro* передается в тепличный комплекс, осуществляется высадка в субстрат или в аэропонные установки, к каждому растению подводится капельное орошение, тепличные комплексы обустроены системами регулировки освещенности, температуры и влажности.

Качество посадок исходного материала в питомнике выращивания мини-клубней определяется на основе результатов тщательного осмотра каждого растения. Во время цветения растений отбираются образцы листьев для лабораторного анализа на наличие вирусов ХВК, СВК, МВК, УВК и ВСЛК с использованием метода иммуноферментного анализа. При выращивании мини-клубней в защищённом грунте проводится тестирование не менее 200 растений каждого сорта на скрытое заражение фитопатогенными вирусами. Общее количество растений с положительным результатом на вирусы ХВК, СВК и МВК не должно превышать 1 %, а наличие УВК и ВСЛК не допускается. По итогам проверки оформляется акт обследования исходного материала.

Сбор урожая производится вручную. При сборе урожая каждое растение выкапывается вручную, и каждое гнездо оценивается отдельно по продуктивности и сортовой типичности. Непродуктивные гнёзда отбраковываются. Полученный урожай мини-клубней сортируется по фракциям с учётом размерных характеристик [1].

Питательные вещества подаются растению как через корневую систему вместе с поливом, так и через листовую поверхность при обработке аэрозольными аппаратами.

Семенной материал картофеля не должен быть заражен болезнями и вредителями, поэтому проводятся регулярные профилактические обработки фунгицидными и инсектицидными средствами.

Наиболее распространенными заболеваниями картофеля, поражающими растения как в тепличных комплексах, так и в поле являются фитофтороз, альтернариоз, вирусы картофеля Х, У, парша, сухая и мокрая гнили картофеля.

Фитофтороз — это опасное грибковое заболевание, которое поражает картофель и другие растения семейства паслёновых. Возбудителем является гриб *Phytophthora infestans*. Проявление болезни сопровождается появ-

лением на листьях бурых мокнущих пятен, а с нижней стороны образуется белый пушистый налёт из спор гриба. Листья и стебли буреют и засыхают, а на клубнях возникают твёрдые буровато-серые пятна.

Фитофтороз развивается при повышенной влажности воздуха, частых дождях и туманах [1].

Вирусы картофеля передаются сосущими насекомыми, которые при контакте с растением протыкают поверхность листовой пластины или стебля своим ротовым аппаратом, перенося вирусы:

Вирус Y: некрозы на листовой пластинке и слабые симптомы мозаики, некроз краёв листа, штрихи, карликовость.

X-вирус: мозаика и крапчатость листьев.

S-вирус: слабая мозаика листьев, волнистость краёв, бронзовость листьев.

M-вирус: деформация листьев, скручивание, мозаика.

L-вирус: сильное скручивание листьев, угнетение роста, некротические пятна, мозаика.

Картофель является культурой способной накапливать в себе заболевания, таким образом при длительном использовании одной линии сорт вырождается, поэтому для сохранения сортовых особенностей необходимо регулярно проводить смену посадочного материала.

Крупнейшим и наиболее технологичным предприятием по производству семенного картофеля на Урале является ССК «Уральский картофель», являющийся частью АО АПК «Белореченский».

Урожай, полученный из теплиц, мини-клубни, переносятся на хранение в холодильники, где поддерживается постоянная температура около 3 °С ($\pm 0,5$ °С), там клубни проходят леченый период и находятся в состоянии сна, ожидая следующего года, чтобы их высадили в открытый грунт [2].

Внешние климатические условия Урала являются не благоприятными для получения больших урожаев картофеля, Уральский регион считается зоной рискованного земледелия, поэтому для того, чтобы мини-клубни смогли дать урожай почва должна быть хорошо удобрена.

ООО ССК «Уральский картофель» использует севооборот, в котором перед картофелем идет черный пар с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность.

Сумма активных температур в Свердловской области равняется 2100 °С, чего не хватает для поздних сортов, поэтому основная часть Уральского картофеля скороспелые.

Поля с высаженными мини-клубнями подключены к оросительной системе и обрабатываются минеральными подкормками, фунгицидами, инсектицидами и пестицидами для избежания заболеваний и засоренности поля.

Большинство сортов картофеля, которые были выведены для южных регионов могут произрастать в условиях севера, однако урожайность будет практически нулевой. Для того чтобы получить хотя бы средний урожай по меркам юга, на севере требуется гораздо больше усилий и правильный выбор сортов.

«Ривьера» представляет собой раннеспелый сорт столового назначения с потенциальной максимальной урожайностью равной 465 ц/га, которая, однако может варьироваться в зависимости от внешних факторов и в среднем составляет около 200–300 ц/га.

Еще одним из факторов подбора сортов является их устойчивость к возбудителям болезней, сорт «Ривьера» устойчив к раку картофеля, золотистой картофельной нематоде, полосчатой мозаике, однако подвержен заражению фитофторозом.

Помимо выбора сорта перед агрономами уральского региона стоит проблема плодородности почвы. Культура может расти на разных типах почв, но наиболее чувствительна к их плодородности и структуре. Картофель предпочитает рыхлые почвы и более лёгкие по механическому составу. В рыхлых почвах лучше развиваются столоны и молодые клубни. Лёгкие почвы облегчают использование механизации при сборе урожая.

Тяжёлые глинистые и сильно уплотнённые почвы, особенно при высоком уровне грунтовых вод, непригодны для картофеля, так же как и засоленные почвы.

Картофель предпочитает кислотность почвенного раствора с уровнем рН 5,5 и не любит щелочные почвы, на которых он чаще страдает от парши [1, 5].

И для достижения необходимого урожая может потребоваться внесение большого количества как биологических, так и минеральных удобрений, в среднем на гектар посевов картофеля приходится порядка 500 кг минерального удобрения.

Обработки жидкими удобрениями по листу (опрыскивание) дает растениям более легкодоступные варианты элементов питания, поэтому такой вариант питания более эффективен, но и более трудозатратный.

Большую часть картофеля в Свердловской области производят негосударственные частные компании, фермеры или частные лица на своих участках земли, одним из самых крупных предприятий производящим картофель является АО АПК «Белореченский» находящееся в Белоярском районе.

После уборки урожая будут получены клубни первого полевого поколения, которые отправляются на склад, где хранятся до следующего года в ожидании следующей высадки.

Первое полевое поколение (ПП) высаживается в поле, где снова растет, единственным различием с прошлой репродукцией будет являться отсутствие капельного орошения, после чего будет получен урожай Супер-супер-элиты (ССЭ) [3, 4].

Дальнейшие репродукции семенного картофеля: суперэлита (СЭ), элита (Э), 1 и 2 репродукции не отличаются агротехникой производства и растут только площади.

Идеальным посадочным материалом для продажи фермерами считается элита и 1 репродукция.

Вывод. Уральский регион является одним из самых востребованных поставщиков семенного картофеля на территории Российской Федерации, что обусловлено такими факторами, как:

- 1) Сорты Уральской селекции обладают повышенной устойчивостью к заморозкам и возбудителям болезней. Отдельные сорта, такие как «Аляска» или «Легенда» имеют хорошую урожайность и при этом практически не подвержены болезням и вирусам. Что является отличным показателем среди регионов России.

2) Почвенно-климатические условия Урала являются средне благоприятными для выращивания картофеля. Поскольку у большинства сортов наблюдается серьезный дефицит активной солнечной радиации, что затрудняет возделывать позднеспелые сорта. Наблюдается нехватка атмосферных осадков, что неблагоприятно влияет на качество семенного картофеля, и для решения данных проблем требуется выполнение определенных агротехнических мероприятий.

3) В сравнении с традиционными методами размножения, использование технологии производства семенного картофеля из *in vitro* позволяет получить оздоровленный и высококачественный семенной материал, так как размножение культуры происходит в специально созданных условиях.

4) Предприятие ООО ССК «Уральский картофель» является крупнейшим и технологически оснащенным для размножения и выращивания растений, полученных методом *in vitro*.

Список литературы

1. *Мартиросян, Ю. Ц.* Аэропонные технологии: перспективы производства оздоровленного семенного картофеля. / Ю. Ц. Мартиросян. // Картофельная система. — 2014. — № 1. — С. 30–32.

2. *Keita, F.* Features of Potato Tuber Formation Depending on the Feeding Area and the Application of Fungicides in the Conditions of the Middle Urals: A Recent Study / F. Keita, M. Yu. Karpukhin // Novel Perspectives of Geography, Environment and Earth Sciences. — 2023. — Vol. 3. — Chapter 1. — P. 1–14. DOI: 10.9734/bpi/npgees/v3/2980C.

3. *Крупский, И. Н.* Совершенствование технологии возделывания семенного картофеля на Среднем Урале / И. Н. Крупский, М. Ю. Карпукхин // Аграрный вестник Урала. — 2019. — № 5 (184). — С. 9 — 15. DOI: 10.32417/article_5d51542eescbb92.87088453.

4. *Keita, F.* Improvement of potato cultivation technology in conditions of Middle Urals / F. Keita, M. Yu. Karpukhin // Agrarian Bulletin of the Urals. — 2020. — № 10 (201). — P. 29–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-201-10-29-34.

5. *Хутинаев, О. С.* Мини-клубни методом аэрогидропоники. / О. С. Хутинаев, Б. В. Анисимов, С. М. Юрлова, А. А. Мелешин. // Картофель и овощи. — 2016. — № 11. — С. 28–30.

Карпукхин М. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, проректор по научной работе и инновациям Уральского государственного аграрного университета, доцент, заведующий кафедрой овощеводства и плодоводства им. Н. Ф. Коняева. 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42. E-mail: mkarpuhkhin@yandex.ru.

Рогачева Т. А., магистрант Уральского государственного аграрного университета. 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42. E-mail: dek.faizu@urgau.ru.

References

1. *Martirosyan, Yu. Ts.* Aeroponic technologies: prospects for the production of healthy seed potatoes. / Yu. Ts. Martirosyan. // Potato system. — 2014. — No. 1. — pp. 30–32.

2. *Keita, F.* Features of Potato Tuber Formation Depending on the Feeding Area and the Application of Fungicides in the Conditions of the Middle Urals: A Recent Study / F. Keita, M. Yu. Karpukhin // Novel Perspectives of Geography, Environment and Earth Sciences. — 2023. — Vol. 3. — Chapter 1. — P. 1–14. DOI: 10.9734/bpi/npgees/v3/2980C.

3. *Krupsky, I. N.* Improvement of technology of cultivation of seed potatoes in the Middle Urals / I. N. Krupsky, M. Y. Karpukhin // Agrarian bulletin of the Urals. — 2019. — № 5 (184). — Pp. 9–15. DOI: 10.32417/article_5d51542eecbb92.87088453.

4. *Keita, F.* Improvement of potato cultivation technology in conditions of Middle Urals / F. Keita, M. Yu. Karpukhin // Agrarian Bulletin of the Urals. — 2020. — No. 10 (201). — P. 29–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-201-10-29-34.

5. *Khutinaev, O.S.* Mini-tubers by the method of aeroponics. / O.S. Khutinaev, B.V. Anisimov, S.M. Yurlova, A.A. Meleshin. // Potatoes and vegetables. — 2016. — No. 11. — pp. 28–30.

Karpukhin M. Yu., Candidate of Agricultural Sciences, Vice-rector for Research and Innovation of the Ural State Agrarian University, Associate Professor, Head of the Department of Vegetable and Fruit Growing named after N. F. Konyaev. 42 Karl Liebknecht str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation. E-mail: mkarpukhin@yandex.ru .

Rogacheva T. A., graduate student of the Ural State Agrarian University. 42 Karl Liebknecht str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation. E-mail: dek.faizu@urgau.ru.