

Научная статья
УДК 631.53:631.811:633.491
<https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-66-69>

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОКЛУБНЕЙ В КУЛЬТУРЕ IN VITRO

Елена Александровна Подолян^{1✉}, Надежда Владимировна Лебедева²

¹Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, Россия

²Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, Великие Луки, Россия

¹podolian.ea@yandex.ru ✉

Аннотация. В представленном эксперименте исследовано влияние светового режима, температурных условий, состава питательной среды, а также объема культуральных сосудов на эффективность формирования микроклубней картофеля сортов Лилея Белорусская, Наяда и Чароит в культуре in vitro. Установлено, что ключевым фактором клубнеобразования для всех исследуемых сортов является отсутствие света. При температуре 20–25°C в условиях постоянной темноты доля растений с клубнями достоверно возросла на 26,9–76,4% по сравнению с культивированием при 16-часовом фотопериоде. Понижение температуры до 4–10°C в сочетании с постоянной темнотой обеспечивало 100% индукцию микроклубней растений сортов Лилея Белорусская и Наяда. Увеличение содержания калия в составе питательной среды Мурасиге-Скуга значительно усиливало клубнеобразование, превышающее контроль на 47,2–65,8%. Данный компонент питательной среды способствовал нивелированию влияния микроклиматических условий. Максимальный выход микроклубней достигался при объеме сосуда 75 мл относительно 25 и 50 мл у растений сортов Лилея Белорусская и Чароит. У сорта Наяда количество растений с клубнями в сосудах объемом 50 и 75 мл было примерно одинаковым.

Ключевые слова: семеноводство картофеля, культура in vitro, микроклубни, условия культивирования, клональное микроразмножение

Для цитирования: Подолян Е.А., Лебедева Н.В. Оптимизация получения микроклубней в культуре in vitro // Вестник Michurinskogo государственного аграрного университета. 2026. № 3(86). С. 66–69. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-66-69>.

Original article

OPTIMIZATION OF MICROTUBERS PRODUCTION IN VITRO

Elena A. Podolyan^{1✉}, Nadezhda V. Lebedeva²

¹Federal Research Center V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

²Velikie Luki State Agricultural Academy, Velikie Luki, Russia

¹podolian.ea@yandex.ru ✉

Abstract. In the presented experiment, the influence of light regime, temperature conditions, nutrient medium composition, and the volume of culture vessels on the efficiency of microtuber formation in potato cultivars 'Lileya Belorusskaya', 'Nayada', and 'Charoit' in vitro culture was investigated. It was found that the key factor for tuberization in all studied cultivars is the absence of light. At a temperature of 20–25°C under constant darkness, the proportion of plants with tubers significantly increased by 26,9–76,4% compared to cultivation under a 16-hour photoperiod. Lowering the temperature to 4–10°C, combined with constant darkness, ensured 100% induction of microtubers in plants of the 'Lileya Belorusskaya' and 'Nayada' cultivars. An increase in potassium content in the Murashige and Skoog nutrient medium significantly enhanced tuber formation, exceeding the control by 47,2–65,8%. This component of the nutrient medium helped mitigate the influence of climatic conditions. The maximum yield of microtubers was achieved with a vessel volume of 75 ml, compared to 25 ml and 50 ml, in plants of the 'Lileya Belorusskaya' and 'Charoit' cultivars. In the 'Nayada' cultivar, the number of plants with tubers in vessels of 50 ml and 75 ml was approximately the same.

Keywords: potato seed production, in vitro culture, microtubers, cultivation conditions, clonal micropropagation

For citation: Podolyan E.A., Lebedeva N.V. Optimization of microtubers production in vitro. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2026, no. 3(86), pp. 66–69. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-66-69>.

Введение. Технология клонального микроразмножения в картофелеводстве позволяет получать высококачественный, генетически идентичный, безвирусный посадочный материал, что особенно важно, для развития отечественного картофелеводства. Развитие метода выявило возможность получения в условиях in vitro микроклубней, которые впоследствии возможно культивировать in vivo.

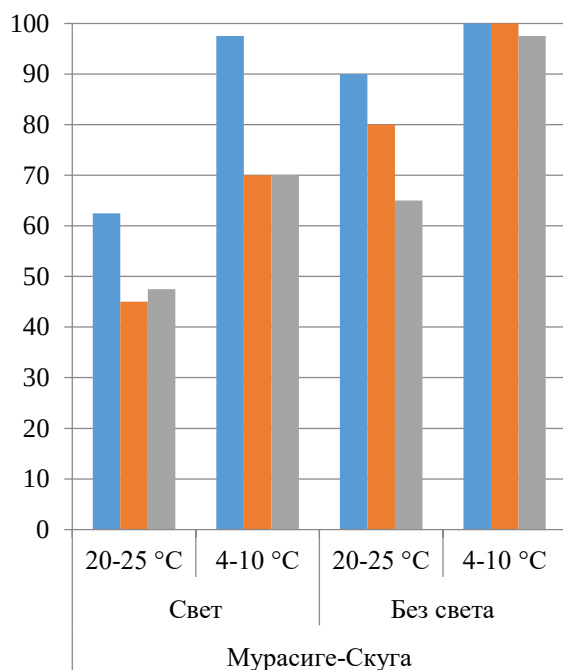
Изменяя условия культивирования растений in vitro, можно вызвать индукцию микроклубней в течение всего года, таким образом преодолеть сезонность размножения, которое четко наблюдается при черенковании растений картофеля. Также при размножении картофеля с помощью

микроклубней исключается необходимость адаптации посадочного материала к условиям ex vitro, которая возникает при переносе растений из пробирки в почву.

Первая публикация, где была представлена возможность образования клубней in vitro как в условиях темноты, так и при освещении появилась в 1953 г. [1]. Влияние пониженных температур на клубнеобразование в культуре in vitro было показано в работе В. Н. Овчинниковой [2]. Также известно, что картофель лучше образует клубни в условиях изменения светового фактора [3]. Однако для каждого сорта необходимо подбирать оптимальные условия индукции клубнеобразования.

Цель работы – повышение эффективности технологии получения микроклубней картофеля в условиях *in vitro*.

Материалы и методы исследований. Работа выполнена в лаборатории семеноводства Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель в 2015-2016 гг. В опыте в лабораторных условиях культивировали сорта картофеля Лилея Белорусская, Наяда, Чароит. Растения выращивали в культуре *in vitro* на питательной среде Мурасиге-Скуга в модификации ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха по общепринятой методике [4, 5]. Изучали следующие факторы туберизации: температура (20-25°C и 4-10°C), освещенность (16-часовой фотопериод и полная темнота), содержание калия в питательной среде (KH_2PO_4 – 3,4 г/л и KNO_3 – 1,9 г/л). Оценку влияния факторов туберизации проводили на основании анализа количества растений, сформировавших микроклубни *in vitro*. Статистическую обработку данных (дисперсионный анализ, $p < 0,05$) проводили по Б.А. Доспехову [6] с использованием программы Microsoft Excel 2007.



Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенного эксперимента ключевым фактором клубнеобразования для всех исследуемых сортов явилось отсутствие света (рисунок 1). Так, при температуре 20-25°C у растений сорта Лилея Белорусская, вегетирующих на питательной среде Мурасиге-Скуга, при постоянной темноте доля растений с клубнями достоверно (при $p < 0,05$) возросла с 62,5 % (при 16-часовом фотопериоде) до 90,0 %, у растений сорта Наяда – с 45,0 до 53,1 %, у сорта Чароит – с 47,5 до 65,0 % ($\text{НСР}_{05}=3,8$ п.п.).

Понижение температурного режима также благоприятно повлияло на туберизацию *in vitro*, в частности, в условиях холодильных камер с температурой от +4 до +10°C. В варианте культивирования при 16-часовом периоде освещения на питательной среде Мурасиге-Скуга понижение температуры позволило увеличить долю растений с клубнями у сорта Лилея Белорусская – с 62,5 (при 20-25°C) до 97,5 %, у сорта Наяда – с 45,0 до 70,0 %, у сорта Чароит – с 45,0 до 70,0 %.

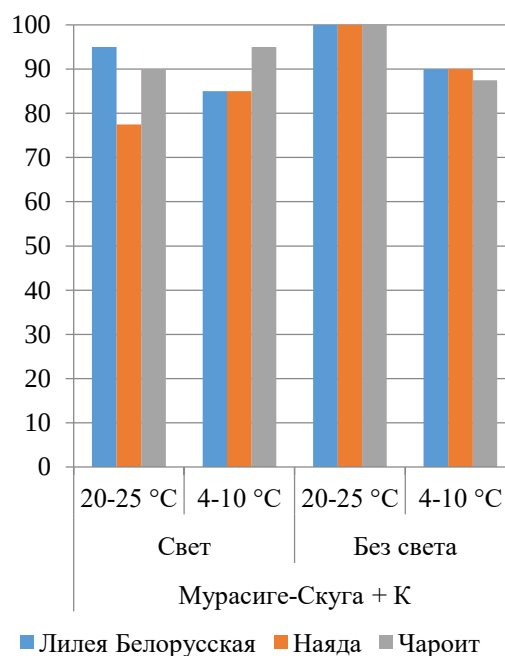


Рисунок 1. Клубнеобразование картофеля *in vitro* при изменении некоторых факторов культивирования, % растений, образовавших клубни

Figure 1. Tuber formation of potatoes *in vitro* with changes in some cultivation factors, % of plants that formed tubers

Отмечена эффективность воздействия сочетания пониженной температуры с постоянной темнотой на индукцию микроклубней. При данных условиях все исследуемые растения, культивируемые на питательной среде Мурасиге-Скуга, формировали клубни.

Наряду с такими факторами среды, как свет и температура, не менее важную роль для клубнеобразования *in vitro* играет состав питательной среды. Введение в состав питательной среды Мурасиге-Скуга калия способствовало усилению клубнеобразования (рисунок 1). При освещении и температуре 20-25°C повышенное содержание калия обеспечило увеличение количества растений с микроклубнями сорта Лилея Белорусская – на 65,8 %, сорта Наяда – на 51,6 %, сорта Чароит – на 47,2 % в сравнении с контрольной средой Мурасиге-Скуга. При отсутствии света и понижении температуры действие калия не отражалось на интенсификации клубнеобразования у растений сортов Лилея Белорусская и Наяда. Изменения имели статистическую

значимость лишь у растений сорта Чароит. Максимальное значение показателя (100 % растений с клубнями) для данного сорта наблюдалось при полной темноте, температуре 20-25 °C при повышенной концентрации калия.

Для растений сорта Лилея Белорусская наиболее благоприятными условиями клубнеобразования были следующие варианты: пониженная температура с наличием или отсутствием света, а также температура 20-25 с полной темнотой и содержанием калия в питательной среде. Для сорта Наяда – пониженная температура и отсутствие света, а также температура 20-25°C при полной темноте и содержанием калия в питательной среде.

Изменение объема сосудов для культивирования растений картофеля *in vitro* также отразилось на процессе туберизации (рисунок 2). Наибольший выход микроклубней получен у растений сортов Лилея Белорусская и Чароит при объеме сосуда 75 мл и составлял к концу периода

наблюдений 90-100 % растений с клубнями. Сорт Лилея Белорусская продемонстрировал наибольшую урожайность среди всех исследуемых в опыте. У растений сорта Наяда

существенной разницы (при $p < 0,05$) между показателями при объеме 50 и 70 мл не наблюдалось ($НСР_{05} = 6,1$ п.п.), однако их показатели значительно превышали контроль.

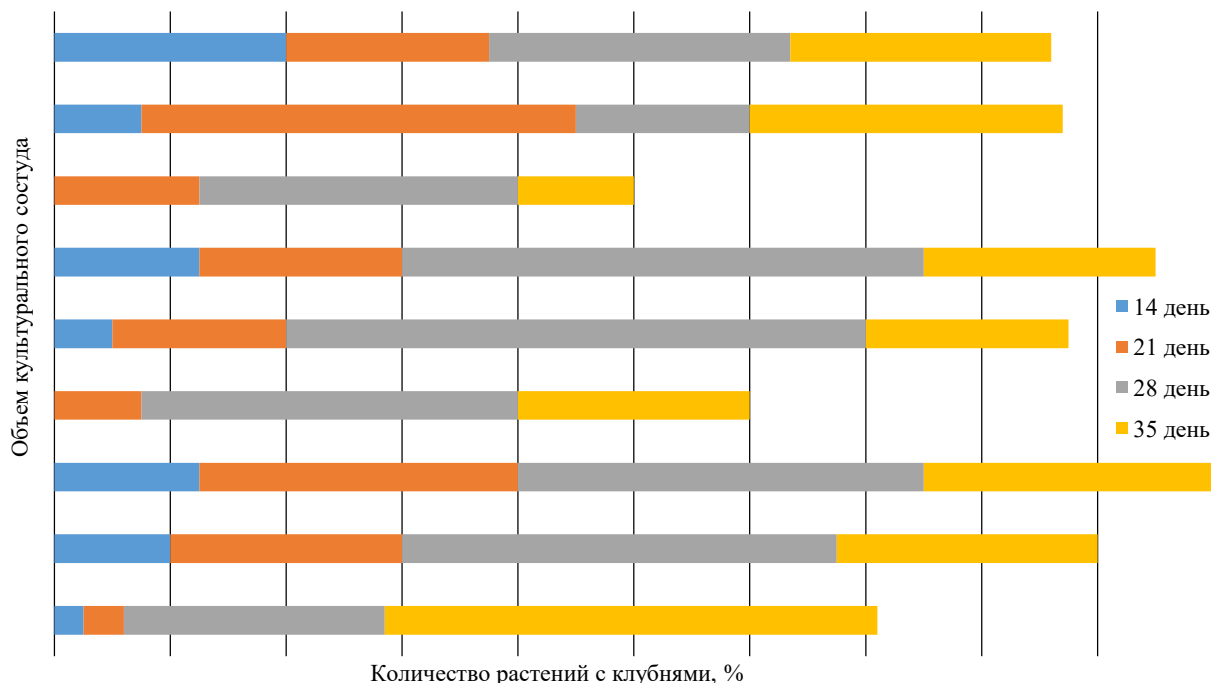


Рисунок 2. Клубнеобразование растений картофеля *in vitro*, в зависимости от объема сосуда, % растений, образовавших клубни

Figure 2. Tuber formation of potato plants *in vitro*, depending on the vessel volume, % of plants that formed tubers

Анализируя динамику клубнеобразования, можно заключить, что скорость формирования клубней напрямую зависела от объема сосуда. Изменение объема сосуда для культивирования растений *in vitro* оптимизирует площадь питания, что способствует стимуляции клубнеобразования. Так, у всех исследуемых сортов на 14-й день наблюдений количество растений с клубнями при объеме 75 мл было наиболее высоким по сравнению с вариантами 50 мл, а при объеме 25 мл этот показатель был наиболее низким. В последующие сроки наблюдений растения сортов Лилея Белорусская и Чароит имели сходную динамику, тогда как сорт Наяда имел более высокую скорость клубнеобразования при объеме сосуда 50 мл.

Введение в состав питательной среды Мурасиге-Скуга повышенной концентрации калия обеспечило максимальную индукцию туберизации (формирование микроклубней у 100 % растений) уже при объеме 25 мл. Таким образом, применение данной модификации среды не требует увеличения объема сосуда. Однако, как и в случае со стандартной питательной средой для культивирования картофеля, скорость формирования клубней до 21-го дня наблюдений возрастала пропорционально увеличению объема сосуда. На 28-й день наблюдений у растений сорта Чароит значения показателя не различались при разных объемах сосуда. У сортов Лилея Белорусская и Наяда наибольшая доля растений с клубнями наблюдалась также при использовании сосудов объемом 50 мл.

Заключение. Отсутствие света является ключевым фактором клубнеобразования для всех исследуемых сортов. При температуре 20-25°C в условиях постоянной темноты доля растений с клубнями увеличивается на 26,9-

76,4% по сравнению с 16-часовым фотопериодом. Комбинация пониженной температуры (4-10°C) и постоянной темнотой обеспечивает максимальную вероятность образования микроклубней у всех исследуемых сортов. Дополнительное внесение калия в питательную среду Мурасиге-Скуга значительно усиливало клубнеобразование, превышая показатели контроля: для сорта Лилея Белорусская – на 65,8%, для сорта Наяда – на 51,6%, для сорта Чароит – на 47,2%.

Установлены оптимальные условия для каждого сорта. Для сорта Лилея Белорусская пониженная температура как при наличии, так и при отсутствии освещения или температура 20-25°C при полной темноте и наличии калия. Для сорта Наяда: пониженная температура и отсутствие света или температура 20-25°C при полной темноте и наличии калия. Для сорта Чароит оптимальными условиями являются сочетание пониженной температуры, полной темноты и повышенного содержания калия в питательной среде.

При использовании питательной среды, содержащей калий, увеличение объема сосуда необходимо для получения микроклубней в более короткие сроки. При длительном периоде вегетации (35 дней) даже при объеме сосуда 25 мл удастся получить микроклубни у всех культивируемых растений.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций по оптимизации процесса получения микроклубней картофеля в условиях *in vitro*. Предложенные параметры культивирования позволяют получать высококачественный посадочный материал в течение всего года, что особенно важно для семеноводства картофеля.

Список источников

1. Barker H. The Formation of Tubers in Tissue Culture. *Plant Physiology*, 1953, vol. 28, no. 4, pp. 445-450.
2. Овчинникова В.Н. Влияние гормональных и углеводных компонентов культуральной среды и условий выращивания на формообразовательные процессы в культуре картофеля *in vitro*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / В.Н. Овчинникова; НИИ сельскохозяйственной биотехнологии РАСХН. М., 1992. 26 с.
3. Сомова Е.Н., Маркова М.Г., Власевская Е.А. Получение микроклубней картофеля на основе оптимизации условий культивирования *in vitro* // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. Т. 22. № 5. С. 682-688. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.682-688.
4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*. 1962. № 15(3). С. 473-497.
5. Овэс Е. В. Биотехнологические основы совершенствования процесса получения и размножения исходного материала в оригинальном семеноводстве картофеля: дис. ... докт. с.-х. наук. М., 2021. 356 с.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 2011. 351 с.

References

1. Barker H. The Formation of Tubers in Tissue Culture. *Plant Physiology*, 1953, vol. 28, no. 4, pp. 445-450.
2. Ovchinnikova V.N. The Influence of Hormonal and Carbohydrate Components of the Culture Medium and Growing Conditions on Morphogenetic Processes in Potato In Vitro Culture: Abstract of a Dissertation for the Degree of Candidate of Biological Sciences: 03.00.12 / V.N. Ovchinnikova; Research Institute of Agricultural Biotechnology, Russian Academy of Agricultural Sciences. M., 1992. 26 p.
3. Somova E.N., Markova M.G., Vlashevskaya E.A. Production of Potato Microtubers Based on Optimization of In Vitro Cultivation Conditions // *Agrarian Science of the Euro-North-East*, 2021, vol. 22, no. 5, pp. 682-688. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.682-688.
4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*, 1962, no. 15(3), pp. 473-497.
5. Oves E.V. Biotechnological Foundations for Improving the Process of Obtaining and Multiplying Starting Material in Original Potato Seed Production: Dis. ... Dr. of Agricultural Sciences. M., 2021. 356 p.
6. Dospekhov B. A. Methodology of Field Experiment. M.: Agropromizdat, 2011. 351 p.

Информация об авторах

Е.А. Подолян – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории современных методов семеноводства, СПИН-код 9679-1530, <http://orcid.org/0000-0002-2754-0053>;

Н.В. Лебедева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии и технологии производства продукции растениеводства, СПИН-код 3835-3871, <http://orcid.org/0000-0003-2608-6351>.

Information about the authors

E.A. Podolyan – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Laboratory of Modern Seed Production Methods, SPIN code 9679-1530, <http://orcid.org/0000-0002-2754-0053>;

N.V. Lebedeva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Animal Science and Crop Production Technology, SPIN code 3835-3871, <http://orcid.org/0000-0003-2608-6351>.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the Authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.07.2026; одобрена после рецензирования 17.07.2026; принята к публикации 18.09.2026

The article was submitted 14.07.2026; approved after reviewing 17.07.2026; accepted for publication 18.09.2026

