



Получение микроклубней картофеля на основе оптимизации условий культивирования *in vitro*

© 2021. Е. Н. Сомова, М. Г. Маркова ✉, Е. А. Власевская

ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация

В 2018–2020 гг. проведена поисковая работа по оптимизации таких условий культивирования картофеля *in vitro*, как фотопериод, объем питательной среды, выбор источника углеводного питания и его концентрации, а также регуляторов роста ауксиновой и цитокининовой природы. Микро растения картофеля раннеспелых (Алена, Латона, Ред-Скарлетт), среднеранних (Адретта, Чародей, Свитанок киевский) и среднеспелых (Наяда, Ладозжский, Скарб) сортов культивировались при освещенности 75–85 мМоль/м² с⁻¹, 6500 К, температуре воздуха 22...25 °С, относительной влажности воздуха 70–75 % и фотопериоде от 4 до 16 ч. По результатам трехлетних исследований установлено, что при культивировании картофеля *in vitro* всех групп спелости оптимальными для микроклубнеобразования являлись питательная среда Мурасиге-Скуга в модификации Всероссийского НИИ картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха с 6-процентной концентрацией сахарозы в объеме 10 мл на одно микро растение и 12-часовой фотопериод. Взаимодействие данных условий культивирования позволило получить в среднем на одно микро растение 2,5 шт. микроклубней по раннеспелым сортам картофеля, 2,4 шт. по среднеранним и 3,2 шт. по среднеспелым. Оптимальные приемы культивирования картофеля *in vitro* послужили основой для новой методики получения микроклубней картофеля, при соблюдении которой возросла доля микро растений с микроклубнями на 6 % у раннеспелых, на 12 % у среднеранних и на 9 % у среднеспелых сортов, а также сократилась продолжительность периода микроклубнеобразования на 14 суток у среднеранних и на 28 суток у раннеспелых и среднеспелых сортов картофеля. Также отмечено, что микро растения раннеспелых и среднеранних сортов картофеля образовывали более крупные микроклубни, тогда как среднеспелые лидировали по количественному выходу.

Ключевые слова: картофель, клональное микро размножение, микроклубнеобразование, фотопериод, регуляторы роста

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № 0427-2019-0033).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: 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;22(5):682–688. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.682-688>

Поступила: 16.04.2021

Принята к публикации: 08.09.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

The obtaining potato microtubers on the basis of optimization of *in vitro* cultivation conditions

© 2021. Elena N. Somova, Marina G. Markova ✉, Elena A. Vlashevskaya

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation

Search work for optimization of such conditions for *in vitro* cultivation of potatoes as photoperiod, volume of nutrient medium, choice of a source of carbohydrate nutrition and its concentration, as well as growth regulators of auxin and cytokinin nature, was carried out in 2018–2020. Potato microplants of early-ripening (Alena, Latona, Red-Scarlett), middle-early (Adretta, Charodei, Svitank Kievsky) and mid-season (Naiada, Ladozhskiy, Skarb) varieties were cultivated at illumination of 75–85 mMol/m² s⁻¹, 6500 K, air temperature 22...25 °C, relative air humidity 70–75 % and photoperiod from 4 to 16 hours. The results of three years of research have shown that the Murashige-Skooga nutrient medium modified by the Russian Potato Research Center with a 6 % sucrose concentration in a volume of 10 ml per microplant and a 12-hour photoperiod were optimal for micro-tuberization during *in vitro* cultivation of potatoes of all ripeness groups. The interaction of these cultivation conditions made it possible to obtain an average of 2.5 pcs. of microtubers per microplant of early-ripening potato varieties, 2.4 pcs. – middle-early and 3.2 pcs. – mid-season varieties. Optimal methods of *in vitro* cultivation of potatoes served as the basis for a new technique for obtaining potato microtubers. If this method was followed, the share of microplants with microtubers of early-ripening varieties increased by 6 %, middle-early varieties – by 12 % and mid-season ones – by 9 %. In addition, the duration of the micro-tuberization period in middle-early varieties was reduced by 14 days, in early-ripening and mid-season potato varieties by 28 days. Microplants of early-ripening and middle-early potato varieties formed larger microtubers, while mid-season varieties were in the lead in terms of quantitative yield.

Key words: potato, clonal micropropagation, microtuber formation, photoperiod, growth regulators

Acknowledgements: the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0427-2019-0033).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Somova E. N., Markova M. G., Vlashevskaya E. A. The obtaining potato microtubers on the basis of optimization of *in vitro* cultivation conditions. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):682-688. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.682-688>

Received: 16.04.2021

Accepted for publication: 08.09.2021

Published online: 27.10.2021

В оригинальном семеноводстве картофеля все большее внимание уделяется одному из перспективных способов ускоренного размножения – получению микроклубней в культуре *in vitro*, который широко применяется для массового размножения оздоровленного пробирочного материала в системе семеноводства [1]. Микроклубни облегчают хранение коллекционных образцов, их транспортировку, могут быть использованы для накопления размножаемого материала в межсезонье, а также для непосредственного высаживания в теплицу и поле [2, 3].

Способность микрорастений к индукции клубнеобразования во многом зависит от светового режима: при длинном световом дне (16-часовом) микроклубни растениями пробирочной культуры образуются слабо, а при коротком восьмичасовом периоде микроклубни образуются у 89-95 % пробирочных растений [4, 5].

Возможность клубнеобразования у картофеля в условиях *in vitro* связана с генотипическими, видовыми и сортовыми свойствами. Более высокая эффективность столоно- и клубнеобразования выявлена у микрорастений среднеспелых сортов [6].

Оптимальный углевод для столоно- и корнеобразования у картофеля *in vitro* – сахароза, в то время как для формирования микроклубней предпочтительнее фруктоза. Высокое содержание сахарозы в культуральной среде является основным условием инициации микроклубней. По данным исследований [7], при низких концентрациях сахарозы (2 %) в среде культивирования инициации микроклубней не происходит. По другим данным, оптимальным является содержание не менее 5 % сахарозы в питательной среде [8, 9].

Экзогенные фитогормоны группы цитокининов увеличивают эффективность столоно-

и клубнеобразования у картофеля *in vitro*. Оптимальным для стимулирования этих процессов является внесение в питательную среду кинетина в концентрации 2 мг/л. Также доказано, что применение кинетина в определенных концентрациях в качестве регуляторных факторов способствует улучшению процесса микроклубнеобразования *in vitro* [10].

Традиционным индуктором корнеобразования для культивирования картофеля *in vitro* является индолилуксусная кислота (ИУК). Установлено, что небольшая дозировка 0,5 мг/л индолилмасляной кислоты (ИМК) наиболее эффективно увеличивает количество междоузлий, а концентрация 1 мг/л стимулирует ризогенез. Также данный регулятор роста повышает размер микроклубней до 12 мм по наибольшему поперечному диаметру в зависимости от концентрации [11].

Таким образом, для увеличения выхода микроклубней с одного микрорастения необходимо оптимизировать такие условия культивирования картофеля *in vitro*, как фотопериод, объем питательной среды, выбор источника углеводного питания и его концентрации, а также выбор регуляторов роста ауксиновой и цитокининовой природы [12].

Цель исследований – изучить влияние условий культивирования картофеля *in vitro* (фотопериод, объем питательной среды, источник углеводного питания, концентрация сахарозы, регуляторы роста) на выход микроклубней с одного микрорастения.

Новизна исследований заключается в разработке новой методики получения микроклубней картофеля различных групп спелости.

Материал и методы. Исследования проведены согласно рекомендациям «Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном семеноводстве картофеля»¹ и в соответствии с ГОСТ 33996-2016².

¹Симаков Е. А., Усков А. И., Варицев Ю. А. Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном семеноводстве картофеля (рекомендации). М.: «Агропрогресс», 2000. 80 с.

²ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества». М.: Стандартинформ, 2016. 41 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143601>

Поисковая работа осуществлена на базе лаборатории по оздоровлению картофеля Удмуртского НИИСХ. Объект исследований – микро-растения картофеля раннеспелых (Алена, Латона, Ред-Скарлетт), среднеранних (Адретта, Чародей, Свитанок киевский) и среднеспелых (Наяда, Ладожский, Скарб) сортов³. Стерильные работы проведены в ламинар-боксе, культивирование микро-растений – в светокомнате лаборатории при освещенности 75-85 мМоль/м² с⁻¹, 6500 К, температуре воздуха 22...25 °С, относительной влажности воздуха 70-75 % и фотопериоде согласно схеме опыта. Использовали питательную среду Мурасиге-Скуга⁴ в модификации Всероссийского НИИ картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха.

Экспериментальную работу по получению микроклубней картофеля *in vitro* проводили обособленно по каждому из изучаемых условий культивирования:

- фотопериод – 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 (контроль) часов;
- объем питательной среды – 6, 8, 10, 12 (контроль) мл;
- источник углеводного питания – глюкоза (контроль), фруктоза, сахароза (сахар

тостниковый нерафинированный), сахароза (сахар свекловичный нерафинированный), ксилит, сорбит, крахмал водорастворимый;

- концентрация сахарозы – 0, 2 (контроль), 4, 6, 8, 10 %;

- регулятор роста (мг/л) – без регуляторов; индолилуксусная кислота (ИУК) – 2 (контроль); 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) – 0,1; 2,4-динитрофенол (ИД-82) – 2; индолилмасляная кислота (ИМК) – 2; 6-бензиламинопури (6-БАП) – 2; ИМК – 1 + 6-БАП – 1; ИМК – 1 + форхлорфенурон (ФХФ) – 1; ИУК – 1 + ФХФ – 1; ИМК – 1 + кинетин – 1; ИУК – 1 + кинетин – 1.

Ростовые параметры растений определяли путем измерения линейкой. Статистическую обработку экспериментальных данных провели методом дисперсионного анализа⁵.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований по каждому из условий культивирования (фотопериод, объем питательной среды, источник углеводного питания, концентрация сахарозы, регуляторы роста) выявлены параметры, обеспечивающие максимальный выход микроклубней с одного микро-растения (табл. 1).

Таблица 1 – Максимальный выход микроклубней на одно микро-растение картофеля разных групп спелости в зависимости от условий культивирования, шт. /

Table 1 – The maximum yield of microtubers per one microplant of potatoes of different ripeness groups, depending on the cultivation conditions, pcs.

Условия культивирования / Cultivation conditions	Сорта картофеля / Potato varieties			Среднее/ Average
	раннеспелые/ early maturing	среднеранние/ mid-early	среднеспелые/ mid-season	
Фотопериод 12 час. / Photoperiod 12 hour HCP ₀₅ 0,2 / LSD ₀₅ 0.2	1,4	1,3	1,4	1,4
Объем питательной среды 10 мл / The volume of nutrient medium 10 ml, HCP ₀₅ 0,1 / LSD ₀₅ 0.1	1,4	1,4	1,5	1,4
Источник углеводного питания (сахар свекловичный нерафинированный) / Source of carbohydrate nutrition (unrefined beet sugar) HCP ₀₅ 0,2 / LSD ₀₅ 0.2	1,4	1,2	1,1	1,2
Концентрация сахарозы 6 % / Concentration of sucrose 6 % HCP ₀₅ 0,2 / LSD ₀₅ 0.2	1,6	1,6	1,8	1,7
ИМК 1 мг/л + кинетин 1 мг/л / Indolyl-3-butyric acid 1 mg/l + kinetin 1 mg/l HCP ₀₅ 0,4 / LSD ₀₅ 0.4	1,3	1,4	2,8	1,8

³Анисимов Б. В., Еланский С. Н., Зейрук В. Н., Кузнецова М. Ф., Симаков Е. А., Склярова Н. П., Филиппов С. Н., Яшина И. М. Сорта картофеля, возделываемые в России: справочное издание. М.: Агроспас, 2013. 144 с.

⁴Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962;5(95):473-497.

⁵Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с.

Независимо от группы спелости сортов картофеля, наименьшее влияние на микроклубнеобразование оказали фотопериод, объем питательной среды и источник углеводного питания.

При 12-часовом световом дне в среднем на одно микрорастение сформировалось 1,4 микроклубня. Количество микрорастений, способных образовывать микроклубни, уменьшалось при фотопериоде 10 часов и менее во всех группах сортов картофеля. Более чувствительными к фотопериоду проявили себя среднеспелые сорта картофеля: доля микрорастений с микроклубнями у них составила 52,9 %, но это не отразилось на количественном выходе микроклубней. Более склонными к микроклубнеобразованию являлись сорта раннеспелой и среднеранней групп, у которых доля микрорастений с микроклубнями составила 80,4 и 81,0 % соответственно.

Различий в количестве микроклубней на одно микрорастение картофеля в зависимости от объема питательной среды не наблюдалось, выход составил в среднем по сортам 1,4 шт. Уменьшение объема питательной среды не влияло на выживаемость микрорастений картофеля и на процесс корнеобразования. Тем не менее, увеличение объема питательной среды с 6 до 10 мл способствовало увеличению числа микрорастений, способных формировать микроклубни, с 85,8 до 93,0 % в среднем. Сорта среднеспелой группы картофеля формировали в среднем 1,5 шт. микроклубней на одно микрорастение, раннеспелые и среднеранние – 1,4 шт. Наибольшая средняя сырая масса одного микроклубня отмечена у сортов раннеспелой группы – 251,8 мг, наименьшая с существенной разницей у среднеспелых – 183,0 мг. Таким образом, увеличение объема питательной среды до 10 мл положительно повлияло на долю микрорастений с микроклубнями и среднюю сырую массу микроклубня.

На фоне различных изучаемых источников углеводного питания использование сахарозы (сахар свекловичный нерафинированный) положительно повлияло на количественный выход микроклубней, обеспечив максимальный их выход 1,2 шт. в среднем по сортам. Причем раннеспелые сорта картофеля активнее отреагировали на сахарозу, сформировав 1,4 шт. микроклубня на одно микрорастение.

Существенное влияние на микроклубнеобразование оказала концентрация сахарозы в питательной среде и регуляторы роста.

Отсутствие источника углеводного питания отрицательно влияло на рост и развитие микрорастений картофеля. Наилучшим источником углеводного питания являлась сахароза (сахар свекловичный нерафинированный), обеспечившая в 2-процентной концентрации выход микроклубней в среднем на одно микрорастение 1,4 шт. Увеличение концентрации сахарозы до 6-10 %, в сравнении с контролем (2 %), не влияло на выживаемость микрочеренков картофеля (98 %) и корнеобразование (99 %), но существенно увеличило клубнеобразующую способность микрорастений в среднем на 6-7 %. Независимо от группы сортов, 6-процентное содержание сахарозы в питательной среде существенно увеличило количество микроклубней с микрорастения в среднем до 1,7 шт. Доля микрорастений с микроклубнями при концентрациях сахарозы 6-10 % оказалась значительно выше, чем при 2-процентной концентрации, но не превышала в среднем 92,5 %. Наибольшая средняя сырая масса одного микроклубня отмечалась у сортов ранней группы – 197,7 мг, что существенно выше, чем у среднеранних (144,0 мг) и среднеспелых (124,6 мг). Таким образом, можно выделить по комплексу признаков оптимальную 6-процентную концентрацию сахара в питательной среде для микроклубнеобразования.

Формированию корней способствовало добавление в питательную среду таких индукторов ризогенеза группы ауксинов, как ИУК и ИМК. При использовании в питательной среде регуляторов роста группы ауксинов у микрорастений картофеля увеличивались высота и количество междоузлий, а при использовании регулятора роста группы цитокининов 6-БАП образовывались невысокие микрорастения с небольшим количеством междоузлий. Совместное использование регуляторов роста группы ауксинов и цитокининов существенно увеличивало по всем сортам картофеля количество микрорастений, способных образовывать микроклубни, в среднем на 20,4-49,8 %.

Установлено, что для улучшения индукции микроклубнеобразования необходимо добавлять в питательную среду: для раннеспелых сортов – ИУК 1 мг/л + 6-БАП 1 мг/л, среднеранних – ИУК 2 мг/л, среднеспелых – ИМК 1 мг/л + кинетин 1 мг/л. Наибольший выход микроклубней с одного микрорастения картофеля обеспечило совместное внесение в питательную среду ИМК 1 мг/л + кинетин

1 мг/л, который составил в среднем по сортам 1,8 шт. Данное сочетание регуляторов роста способствовало также увеличению доли микрорастений с микроклубнями в среднем до 91,1-98,3 % и сырой массы микроклубня с 175,6 до 380,4 мг. Микрорастения раннеспелых и среднеранних сортов картофеля образовывали более крупные микроклубни, тогда как количественный выход был больше у среднеспелых сортов.

Таким образом, при культивировании картофеля *in vitro* всех групп спелости оптимальными для микроклубнеобразования являлись питательная среда с 6-процентной концентрацией сахарозы в объеме 10 мл на одно микрорастение и 12-часовой фотопериод (табл. 2). Оптимальные приемы культивирования картофеля *in vitro* послужили основой для новой методики получения микроклубней картофеля различных групп спелости.

Таблица 2 – Оценка получения микроклубней картофеля различных групп спелости по традиционной⁶ и новой методикам культивирования *in vitro* /
Table 2 – Evaluation of the production of potato microtubers of various ripeness groups according to traditional⁶ and new methods of *in vitro* cultivation

Показатель / Parameter	Раннеспелые / Early maturing		Среднеранние / Mid-early		Среднеспелые / Mid-season	
	методика / method					
	традиционная / traditional	новая / new	традиционная / traditional	новая / new	традиционная / traditional	новая / new
Выход микроклубней, шт. / микрорастение/ Yield of mi- crotubers, pcs/microplant	1,4	2,5	1,4	2,4	1,5	3,2
Средняя сырая масса микро- клубня, мг / Average wet weight of microtubers, mg	295,1	565,3	279,3	387,5	128,8	188,5
Доля микрорастений с микро- клубнями, % / Proportion of micro-plants with microtubers, %	77,0	83,0	80,0	92,0	84,5	93,6
Продолжительность микро- клубнеобразования, сут / Duration of microtubers formation, days	74	46	60	46	88	60

Известно, что влияние различных факторов на клубнеобразование картофеля *in vitro* проявляется при их взаимодействии, а не в отдельности [13, 14]. Взаимодействие оптимальных приемов культивирования картофеля *in vitro* способствовало увеличению микроклубнеобразования и позволило получить в среднем на одно микрорастение 2,5 шт. у раннеспелых сортов картофеля, 2,4 шт. – среднеранних и 3,2 шт. – среднеспелых. При этом доля микрорастений с микроклубнями выросла на 6 % у раннеспелых, на 12 % у среднеранних и на 9,1 % у среднеспелых сортов картофеля. Увеличилась средняя сырая масса микроклубня в 1,9 раза у раннеспелых, в 1,4 раза у среднеранних и в 1,5 раза у среднеспелых сортов картофеля. Продолжи-

тельность периода микроклубнеобразования сократилась на 28 суток у раннеспелых и среднеспелых сортов, на 14 суток у среднеранних сортов картофеля.

Выводы. Установлено, что при культивировании *in vitro* картофеля изучаемых групп спелости оптимальными для микроклубнеобразования являлись питательная среда в объеме 10 мл на одно микрорастение с 6-процентной концентрацией сахарозы, совместным внесением ауксина ИМК 1мг/л и цитокинина кинетин 1 мг/л при 12-часовом фотопериоде. Взаимодействие данных условий культивирования позволило получить в среднем на одно микрорастение 2,5 шт. у раннеспелых сортов картофеля, 2,4 шт. – среднеранних и 3,2 шт. – среднеспелых.

⁶Симаков Е. А., Усков А. И., Варицев Ю. А. Указ. соч.

Список литературы

1. Терентьева Е. В., Ткаченко О. В. Получение мини-клубней картофеля аэропонным способом. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018;(4):61-72. DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-4-61-72>
2. Кокшарова М. К. Микроклубни как посадочный материал. Картофель и овощи. 2016;(3):31-32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25691978>
3. Oves E. V., Gaitova N. A., Shishkina O. A. In vitro tuberization in potato varieties of different ripe time. Research on crops. 2021;22(S):22-25. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.006>
4. Кокшарова М. К., Лепп Ф. Р., Келик Л. А. Влияние продолжительности светового периода на образование микроклубней *in vitro*. АПК России. 2017;24(3):596-599. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30777438>
5. Chen L., Xue X., Yang Ya., Chen F., Zhao J., Wang X., Khan A. T., Hu Yu. Effects of red and blue LEDs on in vitro growth and microtuberization of potato single-node cuttings Front. Agr. Sci. Eng. 2018;(5(2)):197-205. DOI: <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018224>
6. Овэс Е. В., Гаитова Н. А., Шишкина О. А. Индуцирование микроклубнеобразования новых перспективных сортов картофеля в асептической культуре. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020;15(4(60)):48-54. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-48-54>
7. Oves E. V., Zhevora S. V., Gaitova N. A., Boyko Y. P., Fenina N. A., Shishkina O. A. Assessment of potato in vitro morphogenesis. Iop conference series: earth and environmental science International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. Bristol, 2021;659(1): 012093. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012093>
8. Бондарев Н. И., Козлова Н. Ю., Бондарева Т. А., Ульянова А. А., Мельникова А. А. Регуляция клубнеобразования у картофеля (*solanum tuberosum* L.) в условиях *in vitro*. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020;(4 (63)):3-7. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43363334>
9. Етдзаева К. Т., Овэс Е. В., Марзоев З. А., Карданова И. С. Влияние различных технологий на процесс образования *in vitro* микроклубней картофеля. Вестник АПК Ставрополя. 2018;(2 (30)):138-142. DOI: <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2018-7-30-138-142>
10. Тустубаева Ш. Т., Кузьмина Г. Н., Акзамбек А. М. Применение технологии получения микроклубней картофеля *in vitro* для оригинального семеноводства. Актуальные научные исследования в современном мире. 2018;(1-8 (33)):33-39. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32366649>
11. Булдаков С. А., Плеханова Л. П. Влияние индолилмасляной кислоты на рост растений и образование микроклубней в культуре картофеля *in vitro*. Международный научно-исследовательский журнал. 2019;(8-1 (86)):89-92. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.86.8.015>
12. Овэс Е. В., Колесова О. С., Жевора С. В. Инновационный способ выращивания микроклубней картофеля *in vitro*. Картофелеводство: сб. научн. тр. Минск, 2016. С. 353-361. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37205196>
13. Власевская Е. А., Мухаметшин И. Г. Влияние питательной среды и фотопериода на клубнеобразование микроклубней картофеля в культуре *in vitro*. Бюллетень науки и практики. 2019;(12):177-181. DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/49/18>
14. Галушка П. А., Кравченко Д. В. Особенности формирования микроклубней картофеля в зависимости от фотопериода и температурного режима. Картофелеводство: сб. научн. тр. Минск, 2018. С. 267-271.

References

1. Terent'eva E. V., Tkachenko O. V. *Poluchenie mini-klubney kartofelya aeroponnym sposobom*. [Aeroponic production of potato mini-tubers]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2018;(4):61-72. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-4-61-72>
2. Koksharova M. K. *Mikroklubni kak posadochnyy material*. [Microtubers as a seed material]. *Kartofel' i ovoshchi* = *Potato and Vegetables*. 2016;(3):31-32. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25691978>
3. Oves E. V., Gaitova N. A., Shishkina O. A. In vitro tuberization in potato varieties of different ripe time. *Research on crops*. 2021;22(S):22-25. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.006>
4. Koksharova M. K., Lepp F. R., Kelik L. A. *Vliyanie prodolzhitel'nosti svetovogo perioda na obrazovanie mikroklubney in vitro*. [Effect of lighting period on the formation of microtubers *in vitro*]. *APK Rossii* = *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2017;24(3):596-599. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30777438>
5. Chen L., Xue X., Yang Ya., Chen F., Zhao J., Wang X., Khan A. T., Hu Yu. Effects of red and blue LEDs on in vitro growth and microtuberization of potato single-node cuttings *Front. Agr. Sci. Eng.* 2018;(5(2)):197-205. DOI: <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018224>
6. Oves E. V., Gaitova N. A., Shishkina O. A. *Indutsirovanie mikroklubneobrazovaniya novykh perspektivnykh sortov kartofelya v asepticheskoy kul'ture*. [Induction of microtubing of new promising potato varieties in aseptic culture]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2020;15(4(60)):48-54. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-48-54>
7. Oves E. V., Zhevora S. V., Gaitova N. A., Boyko Y. P., Fenina N. A., Shishkina O. A. Assessment of potato in vitro morphogenesis. *Iop conference series: earth and environmental science International Conference on Engi-*

neering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. Bristol, 2021;659(1): 012093. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012093>

8. Bondarev N. I., Kozlova N. Yu., Bondareva T. A., Ul'yanova A. A., Mel'nikova A. A. *Regulyatsiya klubneobrazovaniya u kartofelya (Solanum tuberosum L.) v usloviyakh in vitro*. [Regulation of tuberization in potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in vitro]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*. 2020;(4 (63)):3-7. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43363334>

9. Etdzaeva K. T., Oves E. V., Marzoev Z. A., Kardanova I. S. *Vliyanie razlichnykh tekhnologiy na protsess obrazovaniya in vitro mikroklubney kartofelya*. [The impact of different technologies on the process of in vitro formation of potato microtubers]. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2018;(2 (30)):138-142. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2018-7-30-138-142>

10. Tustubaeva Sh. T., Kuzmina G. N., Akzambek A. M. *Primenenie tekhnologii polucheniya mikroklubney kartofelya in vitro dlya original'nogo semenovodstva*. [Production technology of potato microtubules in vitro for the original seed]. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2018;(1-8 (33)):33-39. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32366649>

11. Buldakov S. A., Plekhanova L. P. *Vliyanie indolilmaslyanoy kisloty na rost rasteniy i obrazovanie mikroklubney v kul'ture kartofelya in vitro*. [Influence of indole butyric acid on plant growth and formation of microtubers in potato culture in vitro]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal = International Research Journal*. 2019;(8-1 (86)):89-92. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.86.8.015>

12. Oves E. V., Kolesova O. S., Zhevora S. V. *Innovatsionnyy sposob vyrashchivaniya mikroklubney kartofelya in vitro*. [Innovative method of microtubers growing of potatoes in vitro]. *Kartofelevodstvo: sb. nauchn. tr.* [Potato growing: a collection of scientific papers]. Minsk, 2016. pp. 353-361. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37205196>

13. Vlashevskaya E. A., Mukhametshin I. G. *Vliyanie pitatel'noy sredy i fotoperioda na klubneobrazovanie mikrorasteniy kartofelya v kul'ture in vitro*. [Influence of the nutrient medium and photoperiod on tuberization of potato micro-plants of promising potato varieties in vitro culture]. *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*. 2019;(12):177-181. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/49/18>

14. Galushka P. A., Kravchenko D. V. *Osobennosti formirovaniya mikroklubney kartofelya v zavisimosti ot fotoperioda i temperaturnogo rezhima*. [Formation of potatoes microtubers depending on the photoperiod and temperature]. *Kartofelevodstvo: sb. nauchn. tr.* [Potato growing: a collection of scientific papers]. Minsk, 2018. pp. 267-271.

Сведения об авторах

Сомова Елена Николаевна, старший научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7917-8738>

✉ **Маркова Марина Геннадьевна**, научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9427-6766>, e-mail: markovamg@udman.ru

Власевская Елена Александровна, научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8037-0199>

Information about the authors

Elena N. Somova, senior researcher, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Lenin st., 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7917-8738>

✉ **Marina G. Markova**, researcher, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Lenin st., 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9427-6766>, e-mail: markovamg@udman.ru

Elena A. Vlashevskaya, researcher, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Lenin st., 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8037-0199>

✉ – Для контактов / Corresponding author