

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.359-366>

УДК 633.491

Сортовая реакция растений картофеля при выращивании на аэропонных установках

© 2023. Л. Г. Цёма , А. Л. Латыпова

Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Российская Федерация

В статье представлены данные по изучению продуктивности раннеспелых (Легенда, Россия; Ред Скарлет, Нидерланды) и среднеранних (Ирбитский, Россия; Гала, Германия) сортов картофеля при выращивании в условиях искусственного освещения на аэропонных установках: трехъярусной адаптационной производства НПФ «Синтол» и одноярусных – МИП «Биологические системы». Растения картофеля отличались активным ростом и развитием. Их высота по сортам составила от 71,0 до 94,2 см, количество листьев, сформированных на одном растении – от 23 до 31 штук. Формирование миниклубней отмечено на 46 сутки (сорт Легенда) – 53 сутки (сорт Ирбитский). Первый сбор проводили на 65 сутки у ранних сортов и 67 сутки у среднеранних от высадки микро-растений на адаптационную установку. Продуктивность сортов картофеля с одного растения составила: от 123,0 г (Легенда) до 216,1 г (Гала); выход миниклубней – от 68,1 (Ирбитский) до 105,2 штук (Легенда), масса одного миниклубня – от 1,17 (Легенда) до 2,73 г (Ред Скарлет).

Ключевые слова: *Solanum tuberosum* L., адаптационная установка, фракционный состав миниклубней, продуктивность, фенологические наблюдения

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (тема № FGWW-2019-0158).

Авторы благодарят рецензентов за проведенную экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Цёма Л. Г., Латыпова А. Л. Сортовая реакция растений картофеля при выращивании на аэропонных установках. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(3):359-366. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.359-366>

Поступила: 22.03.2023

Принята к публикации: 25.05.2023

Опубликована онлайн: 28.06.2023

Varietal reaction of potato plants grown on aeroponic installations

© 2023. Lyubov' G. Tsema , Anna L. Latypova

Perm Agricultural Research Institute – division of Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences, Lobanovo, Perm Region, Russian Federation

The article presents data on study of the productivity of potato early ripening varieties (Legenda, Russia; Red Scarlet, Netherlands) and middle-early varieties (Irbitskiy Russia; Gala, Germany) grown on aeroponic installations in artificial lighting conditions: three-tier adaptive installation (“Syntol” production) and single-tier installation produced by “Biological systems” plant. Potato plants were characterized by active growth and development. Their height ranged from 71.0 to 94.2 cm among the varieties, the number of leaves formed on one plant – from 23 to 31 pieces. The formation of mini-tubers was noted from the 46th day (Legenda variety) to the 53rd day (Irbitskiy variety). The first harvest was obtained at the 65th day in early varieties and at the 67th day for middle-early varieties beginning from planting of micro-plants on to the adaptation installation. The productivity of plants by varieties ranged from 123.0 g (Legenda) to 216.1 (Gala) g of mini-tubers per plant, output of mini tubers from 68.1 (Irbitskiy) to 105.2 (Legenda) pieces per plant, the mass of one mini-tuber ranged from 1.17(Legenda) to 2.73 g (Red Scarlet).

Keywords: *Solanum tuberosum* L., adaptation installation, fractional composition of mini-tubers, productivity, phenological observations

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences (theme No. FGWW-2019-0158).

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

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Tsema L. G., Latypova A. L. Varietal reaction of potato plants grown on aeroponic installations. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24 (3):359-366. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.359-366>

Received: 22.03.2023

Accepted for publication: 25.05.2023

Published online: 28.06.2023

Картофель является пищевой, кормовой, технической культурой и третьей по значимости в мире после риса и пшеницы. Традиционно картофель размножается вегетативно, он весьма восприимчив к вирусным, бактериальным и грибным болезням. Посадочный материал накапливает в себе вирусы, что приводит к существенному снижению урожая [1, 2].

Начальным этапом производства высококачественного семенного картофеля является получение оздоровленного *in vitro* материала. При дальнейшем размножении, в оригинальном семеноводстве, широко используют технологии клонального размножения оздоровленных *in vitro* микрорастений с дальнейшим производством миниклубней в тепличных условиях [3].

Однако данный способ выращивания не даёт высокой продуктивности. Зарубежные [4] и российские исследователи [3, 5, 6] изучили эффективность получения миниклубней картофеля на аэропонной установке. По сравнению с традиционным методом коэффициент размножения и урожайность на аэропонной установке были выше в 7 раз.

В настоящее время на основе гидропонных и аэропонных установок работают многогектарные комплексы в Китае, Индии, Австралии, Финляндии, которые сделали ставку на продажу миниклубней [2]. Современные производители оригинальных семян картофеля в России проявляют все большую заинтересованность в использовании новых высокоэффективных способов производства [3].

При выращивании картофеля в защищенном помещении на аэропонных установках можно создать оптимальные условия для роста и развития растений. К ним относятся освещённость, влажность и температура окружающей среды, питательный раствор, сбалансированный по основным элементам питания и его подача. В зависимости от фазы роста и развития растений данные факторы можно регулировать, способствуя максимальной реализации биологического потенциала растений. Кроме того, выращивание растений без использования грунта позволяет поддерживать чистоту оздоровленных растений [7, 8, 9, 10].

Производство миниклубней на аэропонных установках и обеспечение заданной продуктивности во многом определяется сортом. В работах [11, 12] исследователями установлена значительная сортовая зависимость урожайности миниклубней картофеля при выращивании их на аэропонных установках.

Цель исследований – изучить морфологические особенности роста и развития растений сортов картофеля различных групп спелости, уровень их продуктивности при выращивании на аэропонных установках в искусственных условиях.

Новизна исследований. Впервые проведены исследования по выращиванию микро-растений картофеля сортов разных групп спелости на аэропонных установках с целью получения миниклубней.

Материал и методы. Исследования и наблюдения проводили в 2021 и 2022 гг. в лаборатории первичного семеноводства картофеля Пермского НИИСХ – филиала ФГБНУ Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук.

Объект исследования – оздоровленные микро-растения картофеля сортов ранней группы спелости: Легенда (Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, Россия), Ред Скарлет (HZPC HOLLAND B.V., Нидерланды); среднеранней группы спелости: Ирбитский (Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, Россия), Гала (NORIKA GMBH, Германия).

Пробирочные растения первые десять дней для лучшей их адаптации выращивали на трехъярусной установке, остальной период – на одноярусных установках.

Трёхъярусная установка (адаптационная) производства НПФ «Синтол» оборудована люминесцентными лампами Osram L36W/77 (8 ламп на одном ярусе, световой поток 1400 Лм), баком для питательного раствора объемом 120 литров и насосом высокого давления. Каждый ярус – это лоток, выполненный из нержавеющей стали площадью 1,05 м² с отверстиями-лунками, расположенными по схеме 11x11 см. Одноярусная установка произведена в МИП «Биологические системы», состоит из двух секций с общей посадочной поверхностью 4x0,92 м, оборудована светодиодными светильниками ECOLED 100 L BIO IP 65 (световой поток 2950 Лм) в количестве четырёх штук на секцию, снабжена баком для питательного раствора объемом 75 литров и насосом высокого давления. Для предотвращения «разваливания» растений и фиксирования вертикального расположения растений на установках закреплена пластиковая сетка (ячейка 10*10 см) на высоте 20 см от посадочной поверхности (рис. 1).



а / а



б / б

**Рис. 1. Аэропонные установки: а – трёхъярусная адаптационная установка; б – одноярусная установка /
Fig. 1. Aeroponic installations: а – three-tier adaptive installation; б – single-tier installation**

Для лучшего изъятия микрорастений из пробирок за 12 часов до высадки их открывали и добавляли в них дистиллированную воду. После изъятия растений, корни хорошо отмывали от агаризованной питательной среды и высаживали на адаптационную установку. Высадку пробирочных растений проводили 18 января 2021 года, 25 января 2022 года. Температуру воздуха в лабораторной комнате в первую неделю в дневные часы поддерживали 21-23 °С, в ночное время – 18-19 °С, с постепенным понижением к периоду перестановки на одноярусную установку (день 18-19 °С, ночь 16-17 °С). Относительная влажность воздуха составляла 60-65 %. В питательном растворе поддерживали показатели рН – 5,8-6,0 и ЕС – от 1,3 (с момента посадки) и постепенным повышением до 1,6-1,8 мСм (до пересадки на одноярусную установку). Для приготовления питательных растворов использовали удобрения и рецепты, представленные ООО «Синтол». Для поддержания оптимальной концентрации питательного раствора и кислотности ежедневно проводили замеры данных показателей. Подача питательного раствора производилась через форсунки по 2 минуты, с интервалами 6 минут. Растения освещали по 16 часов в сутки.

Через 10 дней подращивания растения переносили на одноярусные аэропонные установки. Температуру воздуха в дневные часы поддерживали 17-19 °С, в ночное время – 15-16 °С. Относительная влажность воздуха составляла 60-65 %. Показатели питательного раствора: рН 5,6-6,2, Ес 1,8-2,8. Режим подачи

питательного раствора: после помещения растений в установочные отверстия – 2 минуты полив, перерыв 9 минут (2 через 9), при переплетении корней – 2 через 15, массовом клубнеобразовании – 2 через 25. Период досветки регулировали в зависимости от фазы развития растений: в начальный период роста светили по 16 часов в сутки, к моменту образования миниклубней – 9 часов в сутки.

Сбор миниклубней осуществляли одновременно у всех сортов, один раз в шесть-семь дней, в соответствии с ГОСТ 33996-2016. После сбора миниклубни обрабатывали в 3%-ном растворе H_2O_2 во избежание развития бактериальной инфекции, с последующим просушиванием в течение одних-двух суток. Просушенные миниклубни хранили в контейнерах при температуре 3-4 °С.

Размещение испытательных площадок – рендомизированное, повторность трехкратная. Площадь испытательной площадки – 0,5 м² (длина 1 м, ширина 0,5 м). Схема размещения растений на установке – 0,2*0,25 м, плотность – 10 растений на 1 м². Количество растений на одной испытательной площадке – 5, учетных – 5. Всего делянок – 12, общая площадь под опытом – 6 м².

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, морфометрические измерения (один раз в 10 дней, до фазы образования и роста миниклубней мерной лентой измеряли высоту стебля, длину корней, подсчитывали количество сформированных листьев), сбор и учет собранных

мини клубней в соответствии с ГОСТ¹. Статистическая обработка данных проведена с использованием дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову² с помощью программы Statistica 10 (Statsoft Inc, США).

Таблица 1 – Морфометрические показатели растений сортов картофеля перед пересадкой с адаптационной на одноярусную аэропонию установку (среднее за 2021-2022 гг.) / Table 1 – Morphometric parameters of potato before transplanting from the adaptive to the single-tier aeroponic installation (average for 2021-2022)

Сорт / Variety	Высота растения, см / Plant height, cm	Количество листьев, шт. / Number of leaves, pcs.	Длина, см / Length, cm	
			междоузлия / Internode	корневой системы / root system
Легенда / Legenda	7,4	8,8	0,9	33,1
Ред Скарлет / Red Scarlet	6,5	6,7	1,0	30,7
Ирбитский / Irbitskiy	5,8	7,5	0,8	22,3
Гала / Gala	8,7	9,3	1,1	35,3
Среднее / Average	7,1±1,2	8,1±1,1	0,9±1,1	30,3±5,6

Высота растений варьировала от 5,8 см (Ирбитский) до 8,7 см (Гала), количество сформированных листьев от 6,7 (Ред Скарлет) до 9,3 шт. (Гала). Растения сортов Легенда,

Результаты и их обсуждение. Для того чтобы оценить рост и развитие растений во время выращивания на адаптационной установке, проводили морфометрические измерения растений. Данные представлены в таблице 1.

Ирбитский имели более компактный габитус, благодаря небольшим междоузлиям – 0,82-0,89 см, по развитию корневой системы выделился сорт Гала – 35,3 см (рис. 2).

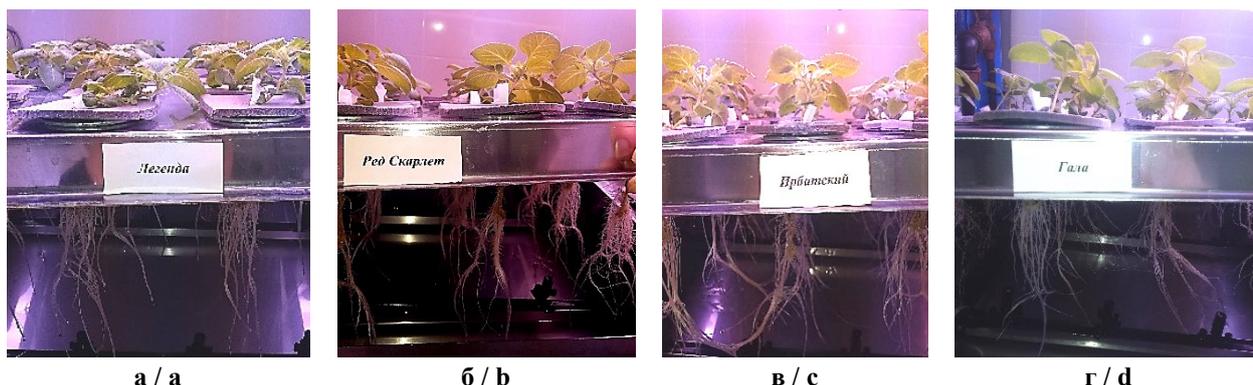


Рис. 2. Внешний вид растений сортов картофеля при прохождении периода адаптации: а – Легенда; б – Ред Скарлет; в – Ирбитский; г – Гала /

Fig. 2. Appearance of different varieties of potatoes plants during the adaptation period: a – Legenda; b – Red Scarlet; c – Irbitskiy; d – Gala

Фенологические наблюдения, проведенные в период вегетации, показали, что растения в зависимости от сорта по-разному реагировали на искусственные условия выращивания (табл. 2).

Через 25 суток от посадки растений на одноярусную установку у всех изучаемых сортов наблюдали образование столонов. Фаза «массовая бутонизация» у сорта Ирбитский наступила на 31 сутки, у сортов Легенда и Гала на 17 суток позднее. Сорт Ред Скарлет в искусственных условиях выращивания не образовал бутонов. Дружное и интенсивное цветение

в оба года проведения исследований отмечено только у сорта Ирбитский (рис. 3). Сорт Гала достиг фазы «цветение» только в 2022 году, на 53 сутки, в 2021 году цветение не отмечено. Формирование мини клубней от времени посадки на адаптационную установку у сорта Легенда зафиксировано через 46 суток, Ред Скарлет – 48 суток, Гала – 52 сутки, Ирбитский – 53 сутки. У ранних сортов первый сбор мини клубней провели раньше на двое суток (на 65 сутки), чем у среднеранних. Период от первого до последнего сбора у ранних сортов продолжался 41 сутки, у среднеранних – 39 суток.

¹ГОСТ 33996-2016. Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества.

М.: Стандартинформ, 2017. 35 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143601?ysclid=li2qlvnlc5209255154>

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М, 1979. 416 с.

Таблица 2 – Периоды роста и развития растений сортов картофеля различных групп спелости (среднее за 2021-2022 гг.) /

Table 2 – Periods of growth and development of plants of potato varieties of different ripeness groups (average for 2021-2022)

Сорт / Variety	Количество суток / Number of days							
	от посадки на адаптационную установку до / from planting to adaptive installation till						от начала формирования клубней до последнего сбора / from the beginning of tubers formation to the last harvest	от первого до последнего сбора миниклубней / from the first to the last harvest of mini-tubers
	образования столонов / stolon formations	массовой бутонизации / mass budding	массового цветения / mass flowering	клубнеобразования / formation of mini-tubers	первого сбора миниклубней / the first collection of mini-tubers	последнего сбора миниклубней / last collection of mini-tubers		
Раннеспелые / Early maturing								
Легенда / Legenda	25	48	-	46	65	106	56	41
Ред Скалет / Red Scarlet	25	-	-	48	65	106	54	41
Среднеранние / Middle early								
Ирбитский / Irbitskiy	25	31	42	53	67	106	49	39
Гала / Gala	25	48	53*	52	67	106	50	39

* 2022 год / 2022



а / a



б / b

Рис. 3. Прохождение фенологических этапов развития у растений картофеля: а – цветение сорта Ирбитский; б – начало клубнеобразования у сорта Легенда /

Fig. 3. The passing through phenological stages by potato plants: а – flowering of the Irbitskiy variety; б – the beginning of tuber formation by Legenda variety

Морфометрические показатели растений сортов картофеля разных групп спелости в конце периода выращивания даны в таблице 3.

Сорт Легенда при наименьшей высоте (71 см) сформировал наибольшее количество листьев – 30,8 шт., длина междоузлия составила 2,3 см, у сорта Ред Скалет отмечена противоположная тенденция – при большей высоте (89,5 см) он сформировал меньшее количество листьев – 22,8 шт., длина междоузлия составила 3,9 см. Длина корневой системы в конце периода выращивания по сортам изменялась

от 95,1 (Ирбитский) до 101,6 см (Гала). Растения сорта Гала отличались мощным ростом и более развитой корневой системой.

Продуктивность растений по сортам показана в таблице 4. У сорта Гала с одного растения собрано 216,1 г миниклубней при средней массе 2,18 г и количестве 99,2 шт. У растений раннего сорта Легенда продуктивность одного растения составила 123,0 г, при наибольшем количестве миниклубней (105,2 шт.) за счет их малого веса – 1,17 г. Самые крупные миниклубни сформировались у сорта Ред Скалет – 2,73 г.

Таблица 3 – Морфометрические показатели растений картофеля в конце периода выращивания (перед удалением культуры) (среднее за 2021-2022 гг.) /

Table 3 – Morphometric parameters of potato plants at the end of the growing period (before the removal of the crop) (average for 2021-2022 гг.) /

Сорт / Variety	Высота растения, см / Plant height, cm	Количество листьев, шт. / Number of leaves, pcs.	Длина, см / Length, cm	
			междоузлия / Internode	корневой системы / root system
Легенда / Legenda	71,0	30,8	2,3	98,1
Ред Скарлет / Red Scarlet	89,5	22,8	3,9	98,0
Ирбитский / Irbitskiy	77,2	26,1	3,0	95,1
Гала / Gala	94,2	26,6	3,5	101,6
Среднее / Average	82,9±10,7	26,5±3,2	3,1±0,6	98,2±2,6

Таблица 4 – Продуктивность растений картофеля, выращенных на аэропонных установках (2021-2022 гг.) /

Table 4 – Productivity of potato plants grown on aeroponic installations (2021-2022)

Сорт / Variety	Количество миниклубней с 1 растения, шт. / Number of mini-tubers per 1 plant, pcs.			Средняя масса одного клубня, г / Average mass of one tuber, g			Продуктивность одного растения, г / Productivity of one plant, g		
	2021 г.	2022 г.	среднее / average	2021 г.	2022 г.	среднее / average	2021 г.	2022 г.	среднее / average
Легенда / Legenda	108,5	101,8	105,2	0,88	1,46	1,17	95,5	148,8	123,0
Ред Скарлет / Red Scarlet	88,6	50,0	69,3	1,87	3,59	2,73	165,7	179,5	189,2
Ирбитский / Irbitskiy	78,3	57,9	68,1	1,76	3,63	2,70	137,8	210,4	183,5
Гала / Gala	125,1	73,2	99,2	1,32	3,04	2,18	165,1	222,2	216,1
Среднее / Average	100,1	70,7	85,4	1,4	2,9	2,1	141,0	190,2	177,9
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	18,36	-	-	0,43	-	-	24,10

В соответствии с ГОСТ 33996-2016 к дальнейшему использованию в производстве допускаются миниклубни диаметром от 9 до 60 мм. На практике использование мелкой фракции (менее 9 мм) при выращивании в тоннельных укрытиях вызывает немало проблем из-за сильной изреженности всходов, большого количества выпадов, отставании в росте, развитии и низкой продуктивности. Однако они

могут быть повторно высажены в защищенном грунте, где их продуктивность может быть не менее чем у микроклубней, полученных с применением искусственных питательных сред в пробирочной культуре [13]. Поэтому собранные миниклубни сортировались по диаметру на фракции: менее 9 мм (нестандарт), 10-20 мм, 20-30 мм, 30-50 мм (табл. 5).

Таблица 5 – Фракционный состав (%) собранных миниклубней по сортам картофеля (2021-2022 гг.) /

Table 5 – Fractional composition (%) of harvested mini-tubers by potato varieties (2021-2022)

Сорт / Variety	< 9 мм (нестандарт) / (non-standard)	9-20 мм	20-30 мм	30-50 мм	9-60 мм (стандарт) / (standard)
Легенда / Legenda	20,9	78,7	0,5	0	79,2
Ред Скарлет / Red Scarlet	13,6	54,3	30,2	1,9	86,4
Ирбитский / Irbitskiy	13,9	63,7	22,2	0,4	86,3
Гала / Gala	24,3	56,1	18,8	0,9	75,8

В структуре урожайности содержание фракции миниклубней менее 9 мм больше всего отмечено у сортов Гала (24,3 %) и Легенда (20,9 %), у сортов Ирбитский и Ред Скарлет

нестандартных миниклубней получено меньше – 13,9 и 13,6 % соответственно. Большая часть всех собранных миниклубней у изученных сортов имела диаметр от 9 до 20 мм.

Заключение. Для получения оздоровленного посадочного материала картофеля на аэропонных установках можно выращивать все изученные в наших исследованиях сорта. У сортов как ранней, так и средней групп спелости сформировались развитые растения, с хорошо сформированным листовым аппаратом и мощной корневой системой. Высота растений составила от 71,0 (Легенда) до 94,2 см (Гала), количество листьев – от 22,8 (Ред Скарлет) до 30,8 штук (Легенда), длина корневой системы – от 95,1 (Ирбитский) до 101,6 см (Гала). Форма и окраска клубней соответствовали сортовым особенностям. По продуктивности выделился

сорт Гала – 216,3 г миниклубней с одного растения, но при высокой доле нестандарта. Бóльшее количество миниклубней на растении – 105,2 шт. сформировал ранний сорт Легенда со средней массой одного клубня всего 1,17 г, у Ред Скарлет получены более крупные миниклубни – 2,73 г при общем количестве на растении – 69,3 шт.

Для повышения продуктивности растений и получения миниклубней более крупных размеров необходимо проводить дальнейшие исследования по разработке отдельных элементов технологии, подбору оптимальных уровней питательных растворов и оптимизации освещения.

Список литературы

1. Анисимов Б. В., Зебрин С. Н., Зейрук В. Н. Сухие и мокрые гнили клубней и их контроль в семеноводстве картофеля. Защита и карантин растений. 2017;(5):30-35. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29239977> EDN: YPWIAZ
2. Нурединов Я. А., Ярова Э. Т., Мальчихина О. Г., Тоболова Г. В., Колошина К. А. Продуктивность меристемного картофеля в искусственных средах аэропонных и гидропонных установок. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019;(6 (80)):102-106. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41675268> EDN: KCSUXH
3. Хутинаев О. С., Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А., Шабанов Н. Э., Колесова О. С. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2018;(4(86)):7-14. DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-4-7-14> EDN: XYBNNB
4. Tunio M. H., Sher A., Lakhari I. A., Gao J. Potato production in aeroponics: a new system for growing food in sustainable agriculture to ensure food security. Chilean Journal of Agricultural Research. 2020;80(1):118-132. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000100118>
5. Колошина К. А., Полухин Н. И., Мызгина Г. Х. Реакция сортов картофеля на условия аэропонных технологий при выращивании мини-клубней. Достижения науки и техники АПК. 2020;(1(34)):26-30. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10105> EDN: NEJVJ
6. Мурашленко А. В., Моляво А. А., Рыбко В. В., Еренкова Л. А., Борисова Н. П., Абросимов Д. В. Ускоренное размножение оздоровленного картофеля с применением аэропонной технологии. Картофелеводство: мат-лы науч.-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля». М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2018. С. 202-208. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35205805&pf=1> EDN: UTHLDY
7. Марзоев З. А., Карданова И. С., Хутинаев О. С., Зебрин С. Н., Грачева И. А., Анисимов Б. В. Инновационные технологии выращивания мини-клубней в безвирусном семеноводстве картофеля (Аналитический обзор). Евразийское научное объединение. 2020;(8-6 (66)):386-394. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43951012> EDN: WYTZXH
8. Саакян А. Д., Барсегян А. А., Мелян Г. Г., Мартиросян Ю. Ц. Сравнительная оценка урожая миниклубней картофеля, полученных из in vitro-растений в теплице и в аэропонике. Субтропическое и декоративное садоводство. 2018;(66):179-184. DOI: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2018-66-179-184> EDN: YLGOMX
9. Янчевская Т. Г., Ольшаникова А. Л., Мурашко С. В., Ковалева О. А., Демид Т. А., Копылова Н. А. Получение безвирусной рассады картофеля по ионитопонной технологии в биотехнологических системах. Минск, 2004. 52 с.
10. Латыпова А. Л., Цёма Л. Г. Особенности сортовой реакции растений картофеля на выращивание в искусственных условиях на аэропонных установках. Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022;(3 (71)):12-20. DOI: https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_12-19 EDN: OTACVZ
11. Mateus-Rodriguez J., de Haan S., Barker I., Chuquilanqui C., Rodriguez-Delfin A. Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber srrd production. Acta Horticulturae. 2012;947(947):361-367. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.46>
12. Tierno R., Carasco A., Ritter E., de Galarreta J. I. R. Differential Growth Response and Minituber Production of Three Potato Cultivars Under Aeroponics and Greenhouse Bed Culture. American Journal of Potato Research. 2014;91(4):346-353. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9354-8>
13. Марзоев З. А., Карданова И. С., Анисимов Б. В. Продуктивность различных по величине фракций мини-клубней в условиях высокогорной зоны Республики Северная Осетия-Алания. Картофелеводство: мат-лы науч.-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля». М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2018. С. 160-169. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35205800&pf=1> EDN: OVPHYD

References

1. Anisimov B. V., Zebrin S. N., Zeiruk V. N. Dry and soft rot of tubers and their control in potato seed production. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2017;(5):30-35. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29239977>
2. Nureddinov Ya. A., Yarova E. T., Malchikhina O. G., Tobolova G. V., Koloshina K. A. Productivity of meristem potato in artificial medium of aeroponic and hydroponic installations. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019;(6 (80)):102-106. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41675268>
3. Khutinaev O. S., Starovoytov V. I., Starovoytova O. A., Manokhina A. A., Shabanov N. E., Kolesova O. S. Growing minitubers of potato and Jerusalem artichoke in a water-air environment under artificial lighting. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina»*. 2018;(4(86)):7-14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/1728-7936-2018-4-7-14>
4. Tunio M. H., Sher A., Lakhari I. A., Gao J. Potato production in aeroponics: a new system for growing food in sustainable agriculture to ensure food security. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2020;80(1):118-132. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000100118>
5. Koloshina K. A., Polukhin N. I., Myzgina G. Kh. Reaction of potato varieties to the aeroponic technologies at mini-tubers growing. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2020;(1(34)):26-30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10105>
6. Murakhlenko A. V., Molyavko A. A., Rybko V. V., Erenkova L. A., Borisova N. P., Abrosimov D. V. Accelerated propagation of sanitized potato by applying of aeroponic. Potato growing: Proceedings of scientific and practical. conf. "The current state and prospects for the development of breeding and seed production of potatoes". Moscow: *FGBNU VNIKKh*, 2018. C. 202-208. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35205805&pf=1>
7. Marzoev Z. A., Kardanova I. S., Khutinaev O. S., Zebrin S. N., Gracheva I. A., Anisimov B. V. Innovative technologies for growing mini-tubers in virus-free potato seed production (Analytical review). *Evrasiyskoe nauchnoe ob"edinenie*. 2020;(8-6 (66)):386-394. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43951012>
8. Saakyan A. D., Barsegyan A. A., Melyan G. G., Martirosyan Yu. Ts. Comparative assessment of potato minitubers yield produced from in vitro-plants in greenhouse and in aeroponics. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo = Subtropical and ornamental horticulture*. 2018;(66):179-184. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2018-66-179-184>
9. Yanchevskaya T. G., Olshanikova A. L., Murashko S. V., Kovaleva O. A., Demid T. A., Kopylova N. A. Obtaining virus-free potato seedlings using ionitopon technology in biotechnological systems. Minsk, 2004. 52 p.
10. Latypova A. L., Tsema L. G. Potato variety responses to cultivation in artificial conditions on aeroponic facilities. *Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2022;(3 (71)):12-20. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.48012/1817-5457_2022_3_12-19
11. Mateus-Rodriguez J., de Haan S., Barker I., Chuquilanqui C., Rodriguez-Delfin A. Response of three potato cultivars grown in a novel aeroponics system for mini-tuber srrd production. *Acta Horticulturae*. 2012;947(947):361-367. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.46>
12. Tierno R., Carasco A., Ritter E., de Galarreta J. I. R. Differential Growth Response and Minituber Production of Three Potato Cultivars Under Aeroponics and Greenhouse Bed Culture. *American Journal of Potato Research*. 2014;91(4):346-353. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9354-8>
13. Marzoev Z. A., Kardanova I. S., Anisimov B. V. Productivity of various by the value of fractions of mini-tubers under the conditions of the high-size zone of the Republic of North Ossetia-Alanya. Potato growing: Proceedings of scientific and practical. conf. "The current state and prospects for the development of breeding and seed production of potatoes". Moscow: *FGBNU VNIKKh*, 2018. C. 160-169. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35205800&pf=1>

Сведения об авторах

✉ **Цёма Любовь Геннадьевна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Культуры, д. 12, с. Лобаново, Пермский район, Пермский край, Российская Федерация, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6288-3185>, e-mail: lyba_cema@mail.ru

Латыпова Анна Леонидовна, научный сотрудник, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Культуры, д. 12, с. Лобаново, Пермский район, Пермский край, Российская Федерация, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9625-7465>

Information about the authors

✉ **Lybov' G. Tsema**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Laboratory of Agrotechnologies, Perm Agricultural Research Institute – division of Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences, Kultury St., 12, Lobanovo, Perm district, Perm Region, Russian Federation, 614532, e-mail: pfperm@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6288-3185>, e-mail: lyba_cema@mail.ru

Anna L. Latypova, researcher, Perm Agricultural Research Institute – division of Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences, Kultury St., 12, Lobanovo, Perm district, Perm Region, Russian Federation, 614532. e-mail: pfperm@mail.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9625-7465>

✉ – Для контактов / Corresponding author