

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННОГО СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ СОРТА ЧАРОИТ

✉ Новиков О.О., Романова М.С., Хаксар Е.В., Косинова Е.И.

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Томск, Россия

✉ e-mail: novickoww@yandex.ru

Изучено влияние питательных сред различного состава на рост и развитие оздоровленных микрорастений картофеля сорта Чароит в условиях *in vitro*. Рассмотрено три варианта составов питательной среды: питательная среда по прописи Мурасиге-Скуга, среда Мурасиге-Скуга со сниженным содержанием минеральных компонентов до 1/2 и до 1/3. Изучены следующие параметры микрорастений: высота, ризогенез, число листьев и междоузлий, общая масса растения, масса листьев, масса корней, масса стебля, масса побега. На питательной среде с 1/2 минеральных компонентов высота микрорастений картофеля на 28-е сутки выращивания увеличилась на 12%, масса побега – на 17% за счет увеличения массы листьев на 33% и массы корневой системы в 2 раза, общая биомасса растений – на 28%. При использовании питательной среды с 1/3 минеральных компонентов для культивирования оздоровленных микрорастений картофеля сорта Чароит на 28-е сутки культивирования наблюдали уменьшение массы побега на 17% за счет снижения массы стебля (25%), масса корневой системы увеличилась на 140%. В данных вариантах питательной среды ризогенез начался раньше и протекал более активно, чем в контроле. Оптимальным вариантом для выращивания микрорастений *in vitro* определена среда с 1/2 содержанием минеральных компонентов от нормы. При аэрогидропонном выращивании растений с разной плотностью расположения (21, 27 и 55 растений/м²) наблюдали увеличение высоты растений, выращиваемых на секциях установок с плотностью посадки 55 растений/м² на 27%. Растения с плотностью посадки 21 растение/м² отличались от других вариантов увеличенным числом стеблей. В урожае миниклубней доля фракций, пригодных для дальнейшего семеноводства, составляла более 50% при использовании на аэрогидропонных установках всех изучаемых плотностей посадки растений. Максимальное количество миниклубней зафиксировано при выращивании растений с плотностью посадки 55 растений/м², и данный вариант рекомендуется для использования при выращивании миниклубней картофеля сорта Чароит аэрогидропонным способом.

Ключевые слова: картофель, меристемная технология оздоровления, состав питательной среды, аэрогидропоника, плотность посадки растений

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING HEALTHY SEED MATERIAL OF POTATO VARIETY CHAROIT

✉ Novikov O.O., Romanova M.S., Khaksar E.V., Kosinova E.I.

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Tomsk, Russia

✉ e-mail: novickoww@yandex.ru

The effect of nutrient media of different composition on the growth and development of healthy potato microplants of the Charoit variety under *in vitro* conditions was studied. Three variants of nutrient medium compositions were considered: nutrient medium according to Murashige-Skoog prescription, Murashige-Skoog medium with a reduced content of mineral components to 1/2 and to 1/3. The following microplant parameters were studied: height, rhizogenesis, number of leaves and internodes, total plant weight, leaf weight, root weight, stem weight, shoot weight. On a nutrient medium with 1/2 mineral components, the height of potato microgrowers on the 28th day of cultivation increased by 12%, the shoot weight - by 17% by increasing the weight of leaves by 33% and the weight of the root system twofold, the total plant biomass - by 28%. When using a nutrient medium with 1/3 of mineral components for cultivation of healthy potato varieties Charoit

microplants on the 28th day of cultivation, a decrease in the shoot weight by 17% was observed due to a decrease in the stem weight (25%), and the weight of the root system increased by 140%. In these variants of nutrient medium, rhizogenesis began earlier and proceeded more actively than in the control. A medium with 1/2 content of mineral components of the norm was determined to be optimal for growing microplants *in vitro*. When aeroponic plants were grown with different plant densities (21, 27, and 55 plants/m²), a 27% increase in the plant height of the plants grown on plant sections with a planting density of 55 plants/m² was observed. The plants with a planting density of 21 plants/m² differed from the other variants by an increased number of stems. In the minituber yield, the proportion of fractions suitable for further seed production was more than 50% when using all planting densities studied on aeroponic plants. The maximum number of minitubers was recorded when growing plants with a planting density of 55 plants/m², and this option is recommended for use in the cultivation of minitubers of the potato variety Charoit by aeroponic method.

Keywords: potato, meristem technology, nutrient medium composition, aeroponics, planting density

Для цитирования: Новиков О.О., Романова М.С., Хаксар Е.В., Косинова Е.И. Разработка технологии получения оздоровленного семенного материала картофеля сорта Чароит // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 3. С. 72–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-3-8>

For citation: Novikov O.O., Romanova M.S., Khaksar E.V., Kosinova E.I. Development of technology for obtaining healthy seed material of potato variety Charoit. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 3, pp. 72–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-3-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Микроклональное размножение картофеля позволяет получать высококачественный посадочный материал, лишенный вирусной инфекции, тем самым позволяя реализовать потенциал сорта. Переход на безвирусный посадочный материал позволяет увеличить урожайность картофеля, как минимум на 20%¹ [1–5]. В настоящее время семеноводство картофеля предполагает выращивание миниклубней из оздоровленных микрорастений картофеля. Состав питательной среды является одним из решающих факторов, влияющих на рост и развитие микрорастений картофеля. Являясь носителем макро- и микроэлементов, витаминов, углеводов и регуляторов роста, питательная среда оказывает большое влияние на морфометрические показатели микрорастений картофеля, поэтому

необходим подбор оптимального сочетания ее компонентов [6–8].

В работе Н.В. Лебедевой² показано, что уменьшение минеральной части среды Мурасиге-Скуга оказывает положительное влияние на формирование эксплантов растений. Кроме того, выращивание микрорастений на питательной среде МС с полной минеральной частью приводит к угнетению роста и развития картофеля.

Также стоит отметить тот факт, что на среде с обедненной минеральной частью растения лучше укоренялись³.

Проведена серия экспериментов по выявлению влияния различной концентрации минеральной части в питательной среде МС на микрорастения картофеля сорта Чароит. При получении миниклубней картофеля на аэрогидропонных установках важными явля-

¹Доланбаева Г.Т., Николаева В.Н., Жаркова С.В. Получение оздоровленного посадочного материала картофеля *in vitro* методом культуры апикальной меристемы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XVII Международной практической конференции (Барнаул, 9–10 февраля 2022 г.). Барнаул, 2022. С. 213–214.

²Лебедева Н.В. Влияние состава питательной среды на формирование микрорастений картофеля в условиях *in vitro*: автореф. дис. ... канд с.-х. наук. Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. М., 2015.

³Широков А.И., Крюков Л.А. Основы биотехнологии растений: электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2012. 49 с.

ются многие факторы: состав питательного раствора, спектральный состав света, режим аэрации и др. Одним из важных и слабо изученных вопросов является плотность расположения растений на аэрогидропонных установках [9–11]. I. Farran и A.M. Mingo-Castel [12] изучали два варианта густоты посадки растений картофеля: 60 и 100 растений/м². Лучшие результаты получены при более низкой плотности посадки растений, они составили 802 миниклубня/м². S. Abdullateef с коллегами [13] сообщают, что наибольшее количество миниклубней на одно растение получено при плотности посадки 25 растений/м², всего 40,82. При этом урожайность растений картофеля на 1 м² не зависела от плотности посадки. Нами проведена серия экспериментов по выявлению влияния различной плотности посадки на параметры растений и урожайность миниклубней при выращивании картофеля сорта Чароит на аэрогидропонных установках.

Цель исследования – изучить влияние различных составов питательной среды на рост и развитие картофеля при выращивании *in vitro* и различной плотности посадки при выращивании на аэрогидропонных установках.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и торфа – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИСХиТ – филиале СФНЦА РАН) в 2020 г. Объект экспериментов – оздоровленные материнские микроклоны картофеля *Solanum tuberosum* L. сорта Чароит.

Сорт Чароит является ультраранним, период от посадки до начала формирования товарного урожая 60–70 дней. Клубень удлиненно-овальный с очень мелкими глазками. Кожура желтая. Мякоть кремовая. Масса товарного клубня 120–160 г. Содержание крахмала 14–17%. Вкус отличный. Товарность 94–98%. Лежкость 96%. Устойчив к возбудителю рака картофеля, к вирусным заболеваниям, среднеустойчив к парше обыкновенной и ризоктониозу [14, 15].

Перед закладкой опыта все микрорастения прошли диагностику методом ПЦР в реальном времени. Изучены три варианта составов питательной среды (см. табл. 1).

Состав питательной среды, используемой в качестве контроля, подобран на основании данных, приведенных в литературных источниках⁴ (см. сноску 2) и на протяжении нескольких лет успешно применялся авторами данной работы для выращивания оздоровленных микрорастений картофеля при микрочеренковании.

Во время опыта черенки картофеля культивировали при температуре 20–22 °С с фотопериодом 16/8 ч свет/темнота в пробирках в течение 28 сут при освещении люминесцентными лампами OSRAM, холодный дневной свет, освещенность секции 5 тыс. лк. На каждом варианте питательных сред выращивали по 30 растений. Повторность трехкратная. Полученные растения картофеля *in vitro* были высажены на аэрогидропонные установки серии «Фагро» в секции с различной плотностью расположения – 9 растений на одну секцию установки (21 растение/м²), 12 растений на одну секцию (27 растений/м²) и 24 растения на одну секцию (55 растений/м²). В качестве контрольного варианта в эксперименте выступал вариант с плотностью посадки 55 растений/м². Данный вариант плотности посадки был выбран исходя из анализа литературных данных и конструктивных особенностей аэрогидропонной системы «Фагро» [16].

Выращивание растений картофеля на аэрогидропонных установках проходило в два этапа: сначала в условиях длинного дня (16-часовой фотопериод) на питательном растворе для первой и второй фаз роста (разработка Ю.Ц. Мартиросьяна), режим впрыска раствора 40 с, аэрация 3 мин при температуре 20–22 °С, затем в условиях короткого дня (10–12-часовой фотопериод) на питательном растворе для третьей фазы роста растений (разработка Ю.Ц. Мартиросьяна), режим впрыска раствора 1 мин, аэрация 15 мин при температуре 16–18 °С.

Для статистической обработки результатов использован пакет программ для Windows

⁴Трофимец Л.Н., Бойко В.В., Анисимов Б.В. и др. Безвирусное семеноводство картофеля: рекомендации. М.: Агропромиздат, 1990.

Табл. 1. Состав питательной среды для выращивания оздоровленных растений картофеля
Table 1. Nutrient medium composition for growing healthy potato plants

№ п/п	Вариант опыта	1	2	3
	Наименование	Среда МС (контроль), мг/л	Среда МС с 1/2 содержанием минеральных компонентов, мг/л	Среда МС с 1/3 содержанием минеральных компонентов, мг/л
<i>Макросоли</i>				
1	NH ₄ NO ₃	1650	825	550
2	KNO ₃	1900	950	633,34
3	CaCl ₂ · 2H ₂ O	440	220	146,67
4	MgSO ₄ · 4H ₂ O	370	185	123,34
5	KH ₂ PO ₄	170	85	56,67
<i>Микросоли</i>				
6	H ₃ BO ₃	6,2	3,1	2,07
7	MnSO ₄ · 4H ₂ O	22,3	11,15	7,44
8	CoCl ₂ · 6H ₂ O	0,025	0,0125	0,0084
9	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	8,6	4,3	2,87
10	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0,025	0,0125	0,0084
11	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,25	0,125	0,084
12	KI	0,83	0,415	0,28
<i>Хелат железа</i>				
13	Fe ₂ SO ₄ · 7H ₂ O	27,8	13,9	9,27
14	Na ₂ -ЭДТА · 2H ₂ O	37,3	18,65	12,44
<i>Витамины</i>				
15	Тиамин	2,5	2,5	2,5
16	Пиридоксин	5	5	5
17	Аскорбиновая кислота	2,5	2,5	2,5
<i>Прочее</i>				
18	Сахароза	30000	30000	30000
19	Агар-агар	7000	7000	7000

Statistica 10.0. Для сравнения численных значений показателей использовался непараметрический критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения различных составов питательной среды на ростовые показатели растений картофеля сорта Чароит представлены в табл. 2. В табл. 2 и далее изучаемые составы питательной среды пронумерованы следующим образом:

1 – среда Мурасиге-Скуга для микрооченкования (контроль);

2 – среда Мурасиге-Скуга для микрооченкования с 1/2 минеральных компонентов;

3 – среда Мурасиге-Скуга для микрооченкования с 1/3 минеральных компонентов.

Приживаемость микрорастений картофеля сорта Чароит на всех изучаемых составах питательной среды составила 100%.

По данным исследований, питательная среда с половинным содержанием минеральных компонентов привела к увеличению высоты выращиваемых микрорастений картофеля на 21-е (на 1,27 см, или 14%) и 28-е (на 1,35 см, или 12%) сутки развития. При использовании питательной среды с 1/3 минеральных компонентов также зарегистрировано увеличение высоты растений на 14-е (на 1,39 см, или 24%) и 21-е (на 1,07 см, или 12%) сутки развития, но на 28-е сутки отмечена только тенденция к увеличению данного показателя (на 0,75 см, или 7%). Изучаемые составы питательной среды не вызвали изменений числа междоузлий и листьев оздоровленных микрорастений картофеля сорта Чароит. Определена тенденция к увеличению количества междоузлий при использовании питательной среды с половинным содержанием минеральных компонентов. Экспериментальные данные показывают, что в вариантах с урезанным содержанием минеральных компонентов ризогенез начался раньше и протекал более активно, чем в контроле.

Влияние различных составов питательной среды на морфологические параметры выращиваемых растений отражено в табл. 3.

Выращивание микрорастений картофеля сорта Чароит на питательной среде с 1/2 минеральных компонентов привело к увеличению массы побега на 0,06 г, или 17%, за счет увеличения массы листьев (на 0,05 г, или 33%) и массы корневой системы (на 0,05 г, или 100%). Общая биомасса растений также была увеличена (на 0,11 г, или 28%). При использовании питательной среды с 1/3 минеральных компонентов наблюдалось уменьшение массы побега на 0,06 г (17%) за счет снижения массы стебля (на 0,06 г, или 25%). При этом масса корневой системы, напротив, была увеличена (на 0,07 г, или 140%).

Табл. 2. Влияние различных составов питательной среды на ростовые показатели оздоровленных микрорастений сорта Чароит**Table 2.** Effect of different compositions of nutrient media on the growth performance of the recovered Charoit microplants

Вариант опыта	Показатель	Сутки				
		3-и	7-е	14-е	21-е	28-е
1	Высота, см	0,19 ± 0,02	1,63 ± 0,10	5,90 ± 0,32	8,99 ± 0,25	10,89 ± 0,24
2		0,25 ± 0,03	1,49 ± 0,10	6,94 ± 0,42	10,26 ± 0,38*	12,24 ± 0,34*
3		0,23 ± 0,03	1,53 ± 0,12	7,29 ± 0,37**	10,06 ± 0,39*	11,64 ± 0,39
1	Число листьев, шт.	0	2,29 ± 0,10	4,82 ± 0,14	6,04 ± 0,13	7,38 ± 0,12
2		0	2,17 ± 0,10	4,87 ± 0,16	6,36 ± 0,15	7,70 ± 0,16
3		0	2,27 ± 0,12	4,84 ± 0,12	6,11 ± 0,13	7,18 ± 0,15
1	Число междоузлий, шт.	0	1,06 ± 0,10	3,26 ± 0,16	4,83 ± 0,13	6,23 ± 0,13
2		0	0,98 ± 0,09	3,58 ± 0,20	5,16 ± 0,16	6,48 ± 0,17
3		0	1,00 ± 0,10	3,34 ± 0,17	4,80 ± 0,15	6,07 ± 0,16
1	Ризогенез, шт.	21	59	90	90	90
2		26	81	90	90	90
3		25	82	90	90	90

Здесь и в табл. 3, 5:

* Отличия достоверны с $p < 0,05$ по сравнению с контролем.** Отличия достоверны с $p < 0,01$ по сравнению с контролем.*** Отличия достоверны с $p < 0,001$ по сравнению с контролем.**Табл. 3.** Влияние различных составов питательной среды на морфологические показатели оздоровленных микрорастений сорта Чароит на 28-е сутки выращивания**Table 3.** Effect of different compositions of nutrient media on the morphological parameters of the recovered Charoit microplants on day 28 of cultivation

Вариант опыта	Масса листьев, г	Масса стебля, г	Масса побега, г	Масса корневой системы, г	Общая биомасса, г	Длина корневой системы, см
1	0,15 ± 0,004	0,20 ± 0,006	0,35 ± 0,008	0,05 ± 0,002	0,40 ± 0,009	3,95 ± 0,11
2	0,20 ± 0,005***	0,22 ± 0,005	0,41 ± 0,008***	0,10 ± 0,004***	0,51 ± 0,009***	4,32 ± 0,11
3	0,15 ± 0,007	0,15 ± 0,004***	0,29 ± 0,005***	0,12 ± 0,005***	0,40 ± 0,008	4,24 ± 0,10

Стоимость различных вариантов питательной среды представлена в табл. 4.

Изучаемые питательные среды отличаются друг от друга по стоимости, но незначительно (см. табл. 4). Самый дешевый вариант – питательная среда № 3, содержащая 1/3 минеральных компонентов.

В табл. 5 представлены данные о влиянии плотности посадки на морфометрические параметры оздоровленных растений картофеля при аэрогидропонном выращивании.

Растения картофеля сорта Чароит, выращиваемые на секциях аэрогидропонных установок с плотностью 55 растений/м², отличались от двух других вариантов большей высотой растений (разница составила около 10 см). Кроме того, растения, выращиваемые

с плотностью 21 растение/м², имели несколько большее число стеблей на одно растение по сравнению с другими вариантами.

Влияние плотности посадки на урожайность и фракционный состав миниклубней картофеля сорта Чароит отражено в табл. 6.

Табл. 4. Стоимость различных вариантов питательной среды**Table 4.** Cost of different nutrient media options

№ п/п	Варианты состава питательной среды	Цена за 1 литр, р.
1	Контроль	57,08
2	Среда МС с 1/2 минеральных компонентов	56,42
3	Среда МС с 1/3 минеральных компонентов	56,20

Табл. 5. Влияние плотности посадки на морфометрические параметры оздоровленных растений картофеля сорта Чароит при аэрогидропонном выращивании

Table 5. Influence of the planting density on the morphometric parameters of healthy potato plants of the Charoit variety in aerohydroponic cultivation

Вариант опыта	Период культивирования		
	Посадка	100-е сутки культивирования	
	Высота растений, см	Высота растений, см	Число стеблей, шт.
1 (21 растение/м ²)	14,12 ± 0,58	33,44 ± 1,35***	2,17 ± 0,26***
2 (27 растений/м ²)	16,30 ± 0,26	33,54 ± 1,27***	1,58 ± 0,19*
3 (55 растений/м ²) (контроль)	14,25 ± 0,31	45,98 ± 1,19	1,13 ± 0,05

Табл. 6. Влияние плотности посадки на урожайность и фракционный состав миниклубней при выращивании оздоровленных растений картофеля сорта Чароит

Table 6. Influence of the planting density on the yield and fractional composition of minitubers when growing recovered Charoit potato plants

Вариант опыта	Число миниклубней на одну секцию установки, шт.	Число миниклубней на одно растение, шт.	Доля миниклубней различных фракций, %			Доля миниклубней фракций, пригодных для семеноводства, %	Число миниклубней фракций, пригодных для семеноводства на одну секцию установки, шт.
			Мелкие	Средние	Крупные		
1 (21 растение/м ²)	134,5	14,9	21,2	53,5	25,3	78,8	106
2 (27 растений/м ²)	149,5	12,5	22,1	51,8	26,1	77,9	117
3 (55 растений/м ²)	195	8,1	28,5	50,8	29,4	71,5	139

Анализ данных, представленных в таблице 6, показывает, что максимальная урожайность миниклубней с одного растения была в варианте 21 растение/м². При этом максимальное число миниклубней, полученных с одной секции установки, отмечено в варианте с плотностью 55 растений/м².

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование питательной среды с уменьшенным в 2 раза содержанием минеральных компонентов для выращивания оздоровленных микрорастений сорта Чароит привело к увеличению высоты растений, увеличению общей биомассы за счет увеличения массы листьев и корневой системы. Растения были более длинными и тонкими с массивными листьями и корневой системой. На среде с 1/3 минеральных компонентов растения картофеля сорта Чароит отличались сниженной относительно контроля массой побега (за счет снижения массы стебля) и увеличенной массой корневой системы. Опытные растения имели более тонкий стебель, но более развитую корневую систему.

Для выращивания оздоровленных микро-растений картофеля сорта Чароит как для

ускоренного получения большого количества копий растений, так и для дальнейшей пересадки на аэрогидропонные системы оптимальным из изученных составов является питательная среда с 1/2 минеральных компонентов.

При аэрогидропонном выращивании оздоровленных растений картофеля сорта Чароит с разной плотностью расположения (21 растение/м², 27 растений/м² и 55 растений/м²) наблюдали увеличение высоты растений, выращиваемых на секциях установок с плотностью 55 растений/м². На аэрогидропонных установках с плотностью посадки 21 растение/м² растения картофеля отличались увеличенным количеством стеблей.

В урожае миниклубней доля фракций, пригодных для дальнейшего семеноводства, составляла более 50% при использовании на аэрогидропонных установках всех изучаемых плотностей посадки растений. Максимальное количество миниклубней зафиксировано при выращивании растений с плотностью посадки 55 растений/м² и данный вариант рекомендуется при выращивании миниклубней картофеля сорта Чароит аэрогидропонным способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Batukaev A.A., Bamatov I.M., Khadzhimuradova E.A. The system of production of healthy planting material for potato under the conditions of the Chechen Republic // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2018. Vol. 10 (1). P. 106–109.
2. Бакунов А.Л., Дмитриева Н.Н., Милехин А.В., Рубцов С.Л. Рост и развитие меристемных растений картофеля при модификации питательной среды комплексными витаминно-минеральными препаратами Компливит и Супрадин // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 5 (85). С. 94–96.
3. Xhulaj D., Gixhari B. In Vitro Micropropagation of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivars // *Agriculture & Forestry*. 2018. Vol. 64. Is. 4. P. 105–112. DOI: 10.17707/AgricultForest.64.4.12.
4. Khalil M.M., Abd El Aal A.M.H., Samy M.M. Growth Improvement of Potato Plants Produced from Tissue Culture // *Middle East Journal of Agriculture Research*. 2016. Vol. 5. Is. 4. P. 666–671.
5. Власевская Е.А., Мухаметшин И.Г. Влияние питательной среды и фотопериода на клубнеобразование микрорастений картофеля в культуре *in vitro* // *Бюллетень науки и практики*. 2019. Т. 5. № 12. С. 177–181. DOI: 10.33619/2414-2948/49/18.
6. Ibrahim A.I., Emara H.A., Nower A.A., Abodibab A.Y. In vitro Cultivation of Potato Plants // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2016. Vol. 5 № 12. P. 858–868. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.512.094.
7. Balashova H., Lavrynenko Yu., Vozhegova R., Kotov B. Influence of storey of cuttings of test glass plants and nutrient medium upon induction of formation of tubers of potato in vitro of grades of different groups of ripeness // *Agrarian Science Bulletin*. 2018. Vol. 5. P. 41–46. DOI: 10.31073/agrovisnyk201805-07.
8. Мазаева Ю.В. Выращивание картофеля «In vitro» на безгормональных и гормональных питательных средах разного состава // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2022. № 3 (70). С. 33–39.
9. Caloria A.H., Factor T.L., Feltran J.C., Watanabe E.Y., Cinto de Moraes C., Purquerio L.F.V. Seed potato minituber production in an aeroponic system under tropical conditions: electrical conductivity and plant density // *Journal of plant nutrition*. 2018. Vol. 41 (15). P. 2200–2209. DOI: 10.1080/01904167.2018.1497652.
10. Tunio M.H., Gao J., Shaikh S.A., Lakhari I.A., Qureshi W.A., Solangi K.A., Chandio F.A. Po-

tato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security // *Chilean journal of agricultural research*. 2020. Vol. 80 (1). P. 118–132. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100118.

11. Аникина И.Н., Хутинаев О.С., Султумбаева А.К. Аэропоника как фактор повышения коэффициента размножения меристемного картофеля // *European science*. 2017. № 6 (28). С. 40–44.
12. Farran I., Mingo-Castel A.M. Potato Minituber Production Using Aeroponics: Effect of Plant Density and Harvesting Intervals // *American Journal of Potato Research*. 2006. Vol. 83 (1). P. 47–53. DOI: 10.1007/BF02869609.
13. Abdullateef S., Böhme M.H., Pinker I. Potato Minituber Production at Different Plant Densities Using an Aeroponic System // *Acta Horticulturae*. 2012. Vol. 927. P. 429–436. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.927.53.
14. Шелабина Т.А., Родионенков А.И., Кузнецов А.А., Завьялова С.А. Оригинальное семеноводство картофеля сорта Чароит // *Аграрная Россия*. 2019. № 5. С. 12–15. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-5-12-15.
15. Балакина С.В. Особенности формирования урожая картофеля нового сорта Чароит в зависимости от приемов возделывания // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. № 1 (63). С. 22–25.
16. Calori A.H., Factor T.L., Feltran J.C., Watanabe E.Y., Moraes C.C., Purquerio L.F.V. Electrical conductivity of the nutrient solution and plant density in aeroponic production of seed potato under tropical conditions (winter/spring) // *Bragantia*. 2017. № 76 (1). P. 23–32.

REFERENCES

1. Batukaev A.A., Bamatov I.M., Khadzhimuradova E.A. The system of production of healthy planting material for potato under the conditions of the Chechen Republic. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2018, vol. 10 (1), pp. 106–109.
2. Bakunov A.L., Dmitrieva N.N., Milekhin A.V., Rubtsov S.L. Growth and development of meristem potato plants when modifying the nutrient medium with Complivit and Supradin complex vitamin and mineral preparations. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2020, no. 5 (85), pp. 94–96. (In Russian).
3. Xhulaj D., Gixhari B. In Vitro Micropropagation of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivars. *Agriculture & Forestry*, 2018, vol. 64, is. 4, pp. 105–112. DOI: 10.17707/AgricultForest.64.4.12.

4. Khalil M.M., Abd El Aal A.M.H., Samy M.M. Growth Improvement of Potato Plants Produced from Tissue Culture. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 2016, vol. 5, is. 4, pp. 666–671.
5. Vlasovskaya E.A., Mukhametshin I.G. Influence of the nutrient medium and photoperiod on tuberization of potato microplants in *in vitro* culture. *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*. 2019, vol. 5, no. 12, pp. 177–181. (In Russian). DOI: 10.33619/2414-2948/49/18.
6. Ibrahim A. I., Emara H.A., Nower A.A., Abodiab A.Y. In vitro Cultivation of Potato Plants. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2016, vol. 5, no. 12, pp. 858–868. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.512.094.
7. Balashova H., Lavrynenko Yu., Vozhegova R., Kotov B. Influence of storey of cuttings of test glass plants and nutrient medium upon induction of formation of tubers of potato in vitro of grades of different groups of ripeness. *Agrarian Science Bulletin*, 2018, vol. 5, pp. 41–46. DOI: 10.31073/agrovisnyk201805-07.
8. Mazaeva Yu.V. Growing potatoes "in vitro" on hormone-free and hormonal nutrient media of different composition. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2022, no. 3 (70), pp. 33–39. (In Russian).
9. Caloria A.H., Factor T.L., Feltran J.C., Watanabe E.Y., Cinto de Moraes C., Purquerio L.F.V. Seed potato minituber production in an aeroponic system under tropical conditions: electrical conductivity and plant density. *Journal of plant nutrition*, 2018, vol. 41 (15), pp. 2200–2209. DOI: 10.1080/01904167.2018.1497652.
10. Tunio M.H., Gao J., Shaikh S.A., Lakhari I.A., Qureshi W.A., Solangi K.A., Chandio F.A. Potato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security. *Chilean journal of agricultural research*, 2020, vol. 80 (1), pp. 118–132. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100118.
11. Anikina I.N., Khutinaev O.S., Sultumbaeva A.K. Aeroponics as a factor in increasing the multiplication factor of meristem potatoes. *European science*, 2017, no. 6 (28), pp. 40–44. (In Russian).
12. Farran I., Mingo-Castel A.M. Potato Minituber Production Using Aeroponics: Effect of Plant Density and Harvesting Intervals. *American Journal of Potato Research*, 2006, vol. 83 (1), pp. 47–53. DOI: 10.1007/BF02869609.
13. Abdullateef S., Böhme M.H., Pinker I. Potato Minituber Production at Different Plant Densities Using an Aeroponic System. *Acta Horticulturae*, 2012, vol. 927, pp. 429–436. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.927.53.
14. Shelabina T.A., Rodionenkov A.I., Kuznetsov A.A., Zav'yalova S.A. Original seed production of potato variety Charoit. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2019, no. 5, pp. 12–15. (In Russian). DOI: 10.30906/1999-5636-2019-5-12-15.
15. Balakina S.V. Peculiarities of yield formation of the new potato variety Charoit as dependent on its cultivation techniques. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2017, no. 1 (63), pp. 22–25. (In Russian).
16. Caloria A.H., Factor T.L., Feltran J.C., Watanabe E.Y., Moraes C.C., Purquerio L.F.V. Electrical conductivity of the nutrient solution and plant density in aeroponic production of seed potato under tropical conditions (winter/spring) // *Bragantia*, 2017. no. 76 (1), pp. 23–32.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Новиков О.О.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томск, ул. Гагарина, 3 (а/я 1668); e-mail: novickoww@yandex.ru

Романова М.С., кандидат биологических наук, заместитель директора по научно-исследовательской работе

Хаксар Е.В., научный сотрудник

Косинова Е.И., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Oleg O. Novikov**, Junior Researcher; **address:** 3 (PO Box 1668), Gagarina St., Tomsk, 634050, Russia; e-mail: novickoww@yandex.ru

Margarita S. Romanova, Candidate of Science in Biology, Deputy Director for Research

Elena V. Khaksar, Researcher

Elena I. Kosinova, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.01.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 07.03.2023
Дата публикации / Published 20.04.2023