

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 635.21:631.589.2

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_38

**Выращивание продовольственного картофеля из мини-клубней
мелкой фракции, полученных в условиях водно-воздушной культуры**

**Виктор Иванович Старовойтов¹, Оксана Анатольевна Старовойтова²,
Александра Анатольевна Манохина^{3✉}, Низам Эмирсултанович Шабанов⁴,
Светлана Вениаминовна Филиппова⁵**

^{1,2,4,5}Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, Московская область, Россия

³Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

³alexman80@list.ru✉

Аннотация. В современных условиях производители оригинального семенного картофеля в России проявляют заинтересованность в использовании высокоэффективных способов производства, основанных на применении аэрогидропонных технологий выращивания в связи с нехваткой собственного семенного материала. Представлены результаты исследований, проведенных в 2019–2021 гг. с целью определения эффективности выращивания продовольственного картофеля из мини-клубней, полученных с использованием аэрогидропонных установок с комбинированной системой питания. Полевой опыт был заложен в соответствии с существующими методиками на территории экспериментальной базы Коренево (Красково) Московской области на дерново-подзолистой среднекультуренной, по гранулометрическому составу супесчаной почве. Для посадки использовали пророщенные мини-клубни мелкой фракции размером 10–15 мм, массой 3–5 г следующих сортов: Гулливер (р), Аметист и Гранд (ср), Синеглазка и Фрителла (сс). Годы проведения исследований – 2019, 2020 и 2021 – характеризовались соответственно как влажный, очень влажный и слабозасушливый. Урожайность в среднем по всем сортам составила 16,4 т/га, в т. ч. товарных по размеру клубней – 96,5–98,6%, или 38–89% от возможной потенциальной урожайности в зависимости от сорта. Содержание крахмала в клубнях сортов Гранд (16,5–18,3%), Синеглазка (16,0–19,8%) и Фрителла (16,3–17,6%) находилось в пределах потенциально возможных значений. Содержание нитратов в клубнях картофеля всех сортов не превышало ПДК – 250 мг/кг. Клубни всех сортов оказались достаточно вкусными – 5,5–8,0 баллов, при этом самыми вкусными, несмотря на низкое содержание крахмала, оказались клубни сорта Гулливер (7,5 баллов). При реализации по цене 17 руб./кг доход от выращивания картофеля составил 17,2–79,9 тыс. руб./га, рентабельность – 15,5–24,5%. Показана экономическая целесообразность применения на продовольственные цели картофеля, выращенного в полевых условиях из мелких мини-клубней, полученных с использованием аэрогидропонных установок с комбинированной системой питания.

Ключевые слова: картофель, мини-клубни, мелкая фракция, водно-воздушная культура, аэрогидропоника, урожайность, качество клубней, эффективность

Для цитирования: Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А., Шабанов Н.Э., Филиппова С.В. Выращивание продовольственного картофеля из мини-клубней мелкой фракции, полученных в условиях водно-воздушной культуры // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 4(75). С. 38–51. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_38-51.

4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Food potato growing from mini-tubers of small fraction
obtained under conditions of water-air culture**

**Viktor I. Starovoitov¹, Oksana A. Starovoitova², Aleksandra A. Manokhina^{3✉}, Nizam E. Shabanov⁴,
Svetlana V. Filippova⁵**

^{1,2,4,5}Russian Potato Research Centre, Moscow Oblast, Russia

³Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

³alexman80@list.ru✉

Abstract. In modern conditions, producers of original planting potatoes in Russia are interested in using highly efficient production methods based on the use of aeroponic cultivation technologies due to shortages of their own seed material. The authors present the results of studies conducted in 2019–2021 aimed at determining

the effectiveness of food potato growing from mini-tubers of small fraction obtained using aeroponic installations with a combined power system. Field trial was laid in accordance with existing methods on the territory of the Korenevo (Kraskovo) Experimental Facility (Moscow Oblast) on sod-podzolic medium-cultivated soil sandy loam by granulometric composition. Sprouted mini-tubers of small fraction of 10-15 mm in size, weighing 3-5 g of the following varieties were used: Gulliver (early ripening), Amethyst and Grand (medium early ripening), Sineglazka and Fritella (mid-season variety). The years of research, i.e. 2019, 2020 and 2021, were characterized as humid, very humid and slightly arid, respectively. The yield on average for all varieties was 16.4 t/ha, including 96.5-98.6% of commercial tubers by size, or 38-89% of the possible potential yield, depending on the variety. The starch content in the tubers of the varieties Grand (16.5-18.3%), Sineglazka (16.0-19.8%) and Fritella (16.3-17.6%) was within the range of potentially possible values. The nitrate content in potato tubers of all the varieties did not exceed 250 mg/kg (MAC). Tubers of all the varieties turned out to be quite tasty obtaining the flavor score of 5.5-8.0 points. The most delicious, despite the low starch content, were tubers of the Gulliver variety (7.5 points). When sold at a price of 17 rubles/kg, the income from potato cultivation amounted to 17.2-79.9 thousand rubles per ha with profitability of 15.5-24.5%. Economic expediency of using potato grown in the field from small mini-tubers obtained using aeroponic installations with a combined power system for food purposes is shown.

Keywords: potato, mini-tubers, small fraction, water-air culture, aeroponics, yield, quality of tubers, efficiency

For citation: Starovoitov V.I., Starovoitova O.A., Manokhina A.A., Shabanov N.E., Filippova S.V. Food potato growing from mini-tubers of small fraction obtained under conditions of water-air culture. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(4):38-51. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_38-51.

Введение

Картофель в настоящее время имеет большое значение в рационе питания жителей многих стран. В Европе, а несколько позже и в России, картофель стал своеобразным гарантом продовольственной безопасности. На это обстоятельство обращал внимание в своих публицистических работах Л.Н. Толстой, анализируя причины голода в России в конце XIX в. Он считал, что картофель в питании российских крестьян в определенной степени заменял хлеб и помогал им выжить в голодные годы. Пищевая ценность картофеля во многом обуславливается сбалансированным соотношением наиболее важных питательных веществ (крахмал, протеин, жиры, витамины, минеральные вещества, органические кислоты и др.) в клубнях. Картофель является высокопродуктивной сельскохозяйственной культурой умеренного пояса и дает стабильно высокие урожаи.

В последние десятилетия промышленное производство картофеля в России значительно сократилось. Во многих регионах обозначилась тенденция повышения урожайности картофеля в секторе сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств и снижения производства в секторе хозяйств населения. Актуальным является сохранение общего объема производства картофеля на уровне, обеспечивающем потребности РФ [5, 17].

Россия находится на третьем месте в мире по валовому сбору картофеля, уступая только Китаю и Индии. В структуре посевных площадей, занятых посадками картофеля, в 2020 г. 76,2% приходилось на хозяйства населения, около 13 – на сельскохозяйственные организации (СХО), 10,8% – на крестьянские (фермерские) хозяйства (К(Ф)Х) [11]. В рамках реализации ведомственного проекта «Развитие отраслей агропромышленного комплекса, обеспечивающих ускоренное импортозамещение основных видов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в 2019 г. произведено 22,1 млн т картофеля, в том числе в СХО и К(Ф)Х, включая индивидуальных предпринимателей, – 7,6 млн т [9].

Валовые сборы картофеля в хозяйствах всех категорий Российской Федерации в 2020 г. составляли 19,6 млн т (в том числе в СХО и К(Ф)Х – 6,8 млн т), что на 11,3% меньше, чем в 2019 г. Урожайность составила 166 ц/га, или 93,3% к 2019 г. Средний годовой показатель валового сбора картофеля за период 2015–2019 гг. при урожайности 167 ц/га – 22,8 млн/т [3].

В настоящее время в отрасли картофелеводства наблюдается нехватка собственного семенного материала. В результате покупки семенного материала за границей были завезены новые болезни и вредители картофеля, не характерные для России. Одной из приоритетных задач при выращивании сельскохозяйственных растений является углубление исследований по методологии управления продукционным процессом формирования урожая и качества продукции [16, 21].

В оригинальном семеноводстве широко используются технологии клонального размножения микрорастений *in vitro* с дальнейшим производством мини-клубней в условиях контролируемой среды [7].

В современных условиях производители оригинальных семян картофеля проявляют заинтересованность в использовании высокоэффективных способов производства, основанных на применении аэрогидропонных технологий выращивания. Данные технологии позволяют увеличить продолжительность клубнеобразования и успешно выращивать мини-клубни размером от 10 г и выше [18]. Показаны возможности увеличения числа клубней с одного растения при аэропонном методе выращивания. На сегодняшний день наиболее эффективным в отношении понесенных затрат на весь технологический процесс оказался способ выращивания с использованием культивационных установок, оборудованных комбинированной аэрогидропонной системой питания. При данном способе с одного растения было получено свыше 57 мини-клубней картофеля размером более 10 мм (в подсчетах не учитывали клубни размером менее 10 мм) с наименьшими прямыми затратами электроэнергии [18].

Проведенные исследования по выращиванию картофеля из мини-клубней разной величины показали, что все испытанные сорта имели более низкую продуктивность в теплицах по сравнению с культурой в открытом грунте (разница урожайности от 0,74 до 10,29 т/га), но клубни превосходили их по фитосанитарным показателям, будучи на 100% свободными от вирусов. Фракция размером 25–35 мм давала более высокую урожайность по сравнению с фракцией размером 15–25 мм [22]. Следовательно, необходимо провести исследования по выращиванию продовольственного картофеля в открытом грунте из мини-клубней фракции 10–15 мм с проведением лабораторных исследований на пригодность урожая к применению в продовольственных целях.

Минимизация затрат в процессе выращивания мини-клубней остается актуальной задачей изучения и разработки новых эффективных способов получения оригинального семенного материала, в том числе для выращивания клубней продовольственного назначения для диетических целей.

Цель исследований – определение эффективности выращивания продовольственного картофеля из мини-клубней мелкой фракции, полученных с использованием аэрогидропонных установок с комбинированной системой питания.

Исследования проводили на территории экспериментальной базы Коренево (Красково) Московской области в 2019–2021 гг. на дерново-подзолистой среднекультурной, по гранулометрическому составу супесчаной почве.

Полевой опыт был заложен в соответствии с существующими методиками [4, 8] согласно схеме, методом систематического размещения делянок в четырехкратной повторности с густотой посадки 44,4 тыс. кустов/га при ширине междурядий 75 см. Площадь учетной делянки составляла 21 м².

Осенью выполнили зяблевую вспашку на глубину 18–22 см агрегатом с оборотным плугом. Весной для предпосадочной подготовки почвы провели рыхление на глу-

бину 12–15 см машинно-тракторным агрегатом с дисковой тяжелой бороной. При нарезке гребней перед посадкой и при уходе за посадками дробно-локально внесены минеральные удобрения в дозе $N_{40}P_{40}K_{70}$ (перед посадкой) и $N_{40}P_{40}K_{40}$ (при уходе за посадками) машинно-тракторным агрегатом с пропашным культиватором (фон).

Посадка опытных вариантов осуществлялась в нарезанные агрегатом с картофеле-сажалкой с ручной подачей семенных клубней гребни, при этом использовали пророщенные мини-клубни мелкой фракции (размер клубней по наибольшему поперечному сечению – 10–15 мм, масса клубня 3–5 г) следующих сортов картофеля: раннего (р) – Гулливер, среднеранних (ср) – Аметист и Гранд, среднеспелых (сс) – Синеглазка и Фрителла.

Для борьбы с сорняками на картофеле применяли гербициды (системный пестицид в фазе полных всходов). Против вредителей (колорадский жук) провели одноразовое опрыскивание инсектицидом. Против основных болезней (фитофтороз и альтернариоз) выполнены две обработки фунгицидом – контактным пестицидом. Все препараты внесены в рекомендуемой производителем дозе. Расход рабочего раствора – 300 л/га.

Характеристика вегетационных периодов 2019 г., 2020 г. и 2021 г.:

- средняя температура воздуха – соответственно 17,4 °С, 17,1 и 19,7 °С (норма – 16,5 °С);
- количество осадков – 292,3 мм (112,2% от нормы), 427,1 мм (163,95% от нормы) и 258,0 мм (99,04% от нормы);
- сумма эффективных температур (выше 10 °С) – 2126,18°, 1980,04° и 2354,61°;
- ГТК – 1,38 (влажный год), 2,1 (очень влажный год) и 1,096 (слабозасушливый год).

Выращивание мини-клубней осуществляли на аэрогидропонных устройствах в лаборатории ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», оборудованных комбинированной аэрогидропонной системой питания. Для выращивания мини-клубней картофеля использовали аэрогидропонный модуль с четырьмя секциями по 30 посадочных мест, размещенных по схеме 90 × 200 мм, общей площадью 2,88 м² (рис. 1–3) [2].

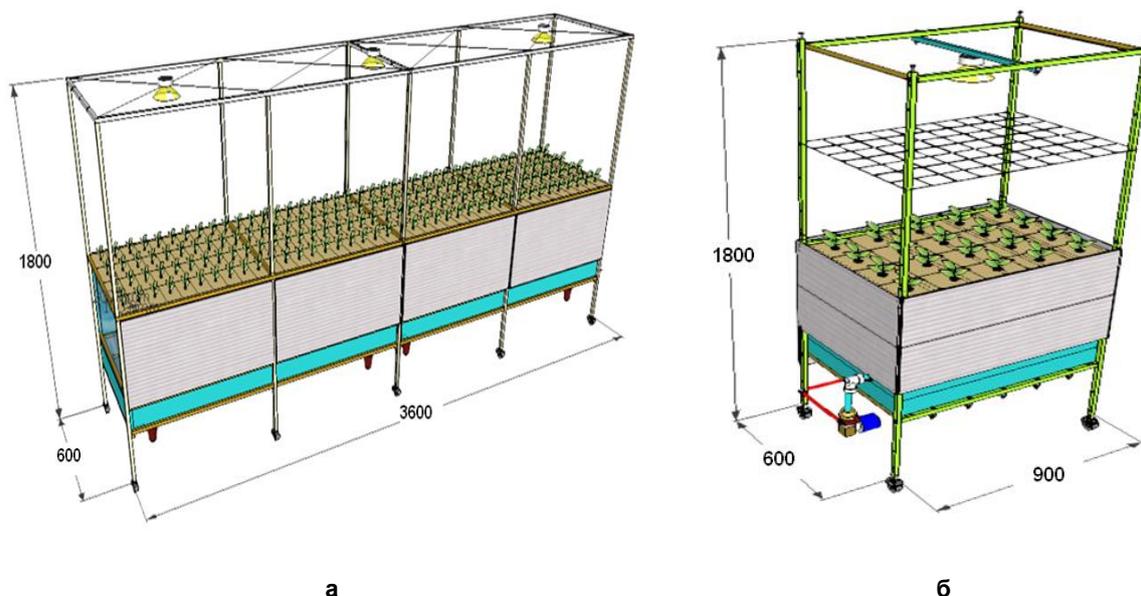


Рис. 1. Опытные образцы аэрогидропонных модулей для выращивания мини-клубней картофеля:
 а – четырехсекционный аэрогидропонный модуль на 120 растений;
 б – аэрогидропонный модуль на 20 растений

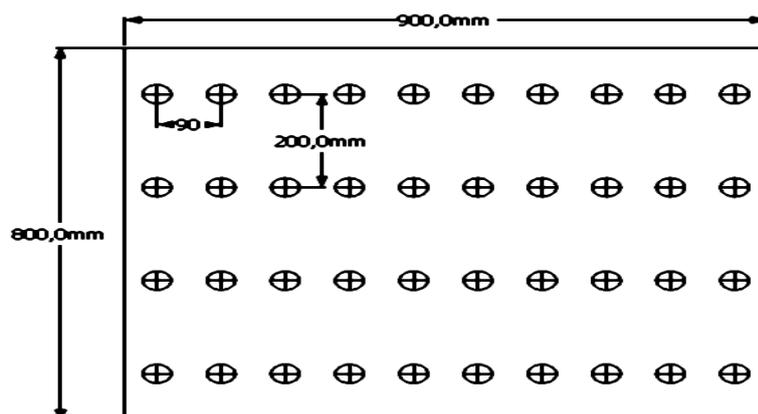


Рис. 2. Схема размещения растений картофеля (90 × 200 мм)



Рис. 3. Четырехсекционный аэрогидропонный модуль с растениями картофеля

Процесс выращивания начинался с высадки пробирочных растений непосредственно в аэрогидропонный модуль без их предварительного подрощивания. Перед высадкой растения аккуратно и тщательно отмывали от остатков агаризованной среды для предотвращения попадания остатков агар-агара в систему активного питания.

В целях оптимизации питания на каждой стадии развития растений использовали разные по качественному составу питательные смеси [19].

Измерения pH и ЕС питательного раствора проводили 2 раза в неделю, pH раствора поддерживали на уровне 5,5–6,5, ЕС раствора – на уровне от 0,9 до 1,3 ppm. Замену раствора проводили со сменой фенологической фазы.

В период вегетации осуществляли лабораторное тестирование листовых проб растений на вирусную инфекцию методом ИФА.

Клубни собирали через каждые 7 дней по достижении ими размеров 10–28 мм в диаметре. После сбора в профилактических целях, чтобы исключить бактериальное загрязнение, клубни обрабатывали 0,1% раствором гипохлорита натрия с последующим ополаскиванием в воде.

Собранные мини-клубни просушивали при высокой относительной влажности воздуха в течение 3 дней, после чего клубни озеленяли при комнатной температуре в течение 3–5 суток.

Дальнейшие операции подготовки к длительному хранению производили по традиционной технологии хранения.

Основные преимущества аэрогидропонного модуля – его мобильность и возможность эксплуатации в весенне-осенний период на открытых площадках или в парниках, что позволяет исключить значительные затраты на дорогостоящее освещение, требующееся в закрытых помещениях. Необходимым условием жизнеобеспечения растений является подвод воды и электричества для работы насоса [20].

Результаты исследований показали, что при выращивании мини-клубней картофеля на аэрогидропонных установках в условиях искусственного освещения за 90 дней вегетации можно получить с одного растения от 8,7 до 17,0 шт. мини-клубней значимых размеров в зависимости от сорта при себестоимости одного мини-клубня 4–8 руб. (процесс клубнеобразования представлен на рис. 4).



Рис. 4. Процесс клубнеобразования картофеля на аэрогидропонной установке

Основным критерием оценки выполненных полевых работ является урожайность, которая, как известно, зависит от метеорологических условий года и сортовых особенностей культуры (табл. 1).

Так, в 2019 г. урожайность в среднем по всем испытываемым сортам составила 16,6 т/га, в 2020 г. – 16,4 т/га, в 2021 г. – 16,2 т/га. При этом товарных по размеру клубней в 2019 г. оказалось 97,9–100%, в 2020 г. – 95,2–98,0%, в 2021 г. – 95,2–97,8%, что отразилось на урожайности клубней товарной величины, которая в среднем составила соответственно 16,4 т/га, 15,9 и 15,6 т/га. Согласно стандарту размер клубней по наибольшему поперечному диаметру должен быть не менее 30 мм для округло-овальных и 28 мм – для удлиненных клубней. Следовательно, все вегетационные периоды оказались весьма благоприятными для выращивания картофеля из мини-клубней и получения довольно высокой урожайности, учитывая размеры посадочных клубней.

В среднем за три года наибольшая урожайность отмечена у раннего сорта Гулливер: общая (валовая) – 18,6 т/га и 18,1 т/га – товарная по размеру (по максимальному поперечному диаметру более 30 мм). Самая низкая урожайность отмечена у среднеспелого сорта Синеглазка: общая (валовая) и товарная по размеру – соответственно 14,7 и 14,4 т/га.

В ранее проведенных опытах на грунтоконтроле (на плодородных почвах) А.Б. Анисимовым с соавт. из мини-клубней сорта Невский фракции 1–5 г было получено 397 г/куст [1], в наших экспериментах по усредненным данным – 317–446 г/куст, что свидетельствует о возможности выращивать более высокие урожаи из мини-клубней при создании благоприятных условий.

В опыте с посадкой мини-клубнями массой 1–5 г при густоте посадки 95,2 тыс. шт./га получена урожайность 18,0–20,1 т/га, а при густоте 71,4 тыс. шт./га – 18,3–24,3 т/га [6]. Это также подтверждает возможность получения высоких урожаев картофеля из мини-клубней мелкой фракции для продовольственных целей.

Таблица 1. Урожайность картофеля, выращенного из мини-клубней мелкой фракции, полученных аэрогидропонным способом, т/га

Сорт	Валовая урожайность, т/га					Товарная урожайность, т/га					Товарность, %
	Повторности				Среднее	Повторности				Среднее	
	1	2	3	4		1	2	3	4		
2019 г.											
Аметист (ср)	16,6	15,9	15,0	13,4	15,2	16,5	15,8	14,8	13,1	15,0	98,7
Гранд (ср)	18,9	17,7	18,7	17,5	18,2	18,4	17,3	18,4	17,1	17,8	99,0
Гулливвер (р)	19,8	19,0	17,2	17,6	18,4	193,4	18,8	17,0	17,6	18,2	97,9
Синеглазка (сс)	13,7	16,4	14,3	14,9	14,8	13,7	16,2	14,0	14,9	14,7	99,2
Фрителла (сс)	18,3	16,4	15,1	15,1	16,2	18,3	16,4	15,1	15,1	16,2	100,0
Среднее	–	–	–	–	16,6	–	–	–	–	16,4	–
НСР ₀₅	–	–	–	–	1,48	–	–	–	–	1,41	–
2020 г.											
Аметист (ср)	14,4	16,5	16,3	14,0	15,3	14,4	16,5	16,3	11,9	14,8	96,5
Гранд (ср)	16,9	16,5	16,8	18,1	17,1	16,4	16,4	15,3	17,0	16,3	95,2
Гулливвер (р)	19,5	19,5	20,4	19,9	19,8	19,0	19,1	20,0	18,7	19,2	96,9
Синеглазка (сс)	14,7	13,2	13,9	14,7	14,1	14,2	12,9	13,9	14,3	13,8	97,6
Фрителла (сс)	14,4	17,0	17,4	14,2	15,8	13,9	16,9	17,4	13,6	15,4	98,0
Среднее	–	–	–	–	16,4	–	–	–	–	15,9	–
НСР ₀₅	–	–	–	–	1,94	–	–	–	–	1,84	–
2021 г.											
Аметист (ср)	15,2	15,7	15,2	12,9	14,8	14,6	15,1	14,7	12,4	14,2	96,3
Гранд (ср)	18,2	17,1	18,3	16,9	17,6	17,3	16,3	17,4	16,1	16,8	95,2
Гулливвер (р)	18,1	18,6	17,0	16,6	17,6	17,4	18	16,4	16,1	17,0	96,6
Синеглазка (сс)	15,8	16,0	14,7	14,7	15,3	14,9	15,6	14,4	14,3	14,8	96,7
Фрителла (сс)	17,4	15,6	15,0	14,8	15,7	17,1	15,2	14,6	14,5	15,4	97,8
Среднее	–	–	–	–	16,2	–	–	–	–	15,6	–
НСР ₀₅	–	–	–	–	1,19	–	–	–	–	1,09	–
Усредненные данные за три года (2019–2021 гг.)											
Аметист (ср)	–	–	–	–	15,1	–	–	–	–	14,7	97,2
Гранд (ср)	–	–	–	–	17,6	–	–	–	–	17,0	96,5
Гулливвер (р)	–	–	–	–	18,6	–	–	–	–	18,1	97,1
Синеглазка (сс)	–	–	–	–	14,7	–	–	–	–	14,4	97,8
Фрителла (сс)	–	–	–	–	15,9	–	–	–	–	15,7	98,6
Среднее	–	–	–	–	16,4	–	–	–	–	16,0	–

Средняя потенциальная товарная урожайность картофеля, выращиваемого из зрелых элитных клубней, составляет по сортам:

Аметист – 22,5 т/га [14];

Гранд – 25,1 т/га [15];

Гулливер – 22,3 [15];

Синеглазка – 37,5 [10];

Фрителла – 30,5 т/га [15].

В наших экспериментах получены следующие показатели валовой урожайности по сортам (т/га, или % возможной потенциальной урожайности):

Аметист – 14,8–15,3, или 66–68%;

Гранд – 17,1–18,2, или 68–73%;

Гулливер – 17,6–19,8, или 79–89%;

Синеглазка – 14,1–15,3, или 38–41%,

Фрителла – 15,7–16,2, или 51–53%.

Приведенные значения свидетельствуют о том, что при создании благоприятных условий из мини-клубней мелкой фракции, выращенных аэрогидропонным способом, можно получить более 38–89% возможной потенциальной урожайности в зависимости от сорта.

Важны не только значения урожайности, но и его качественные характеристики (содержание сухого вещества и крахмала в клубнях), которые в первую очередь определяются биологическими особенностями сорта, а также в значительной степени могут изменяться от условий выращивания. Содержание в клубнях сухого вещества влияет на выход продукции и является показателем пригодности картофеля для переработки: чем больше в картофеле сухого вещества, тем лучше качество продуктов переработки (вкус, хрустящие свойства, рассыпчатость). Содержание сухих веществ в клубнях для производства картофелепродуктов должно быть не менее 20% (20–24%) [12, 13].

Данные, полученные в опыте (табл. 2, рис. 5), показывают, что крахмалистость клубней сортов Аметист (12,5–14,8%) и Гулливер (10,8–14,0%) оказалась немного ниже, чем позволяют их сортовые особенности – соответственно 15,0–16,0% и 14,1–15,4%. Содержание крахмала в клубнях сортов Гранд (16,5–18,3%), Синеглазка (16,0–19,8%) и Фрителла (16,3–17,6%) оказалось в пределах потенциально возможных значений – соответственно 13,4–18,0%, 19,0–20,0% и 15,0–19,0%.

В клубнях сортов Аметист и Гулливер сухого вещества оказалось меньше 20%, следовательно, клубни данных сортов лучше применять в салатах и нарезках. В клубнях сорта Синеглазка оказалось наибольшее содержание сухого вещества – 21,8–25,6%, а значит, клубни этого сорта следует направлять на переработку, например для изготовления сухого пюре.

Одним из основных показателей качества выращенной продукции является количество нитратов в клубнях картофеля. Как известно, на поступление нитратов в почву и их накопление в продукции растениеводства влияют многие факторы, одним из которых является применение азотных удобрений. При этом следует отметить, что на концентрацию иона NO₃ в продукции могут оказывать влияние и сортовые особенности, и стрессовые ситуации, сложившиеся условия вегетационного периода (по влагообеспеченности, температуре, освещенности и др.).

По данным наших опытов (табл. 2, рис. 5), содержание нитратов в клубнях картофеля изменялось в зависимости от метеорологических условий вегетации. В 2020 г. содержание нитратов в клубнях оказалось в среднем меньше, чем в 2019 г. – 31 мг/кг. При этом в клубнях всех сортов содержание нитратов не превышало предельно допустимую концентрацию (250 мг/кг). Следовательно, клубни, выращенные в полевых условиях из мелких мини-клубней, полученных с использованием аэрогидропонных установок с комбинированной системой питания, можно применять на продовольственные цели.

Таблица 2. Кулинарные качества картофеля, выращенного из мини-клубней мелкой фракции, полученных азрогидропонным способом, средние значения за 2019–2021 гг.

Сорт	Содержание в клубнях			Потемнение мякоти клубней, балл		Развариваемость, балл	Вкус вареной мякоти, балл
	крахмала, %	сухого вещества, %	нитратов, мг/кг	сырой	вареной		
Аметист (ср)	13,6	19,4	183	-	-	3,5	6,0
Гранд (ср)	17,4	23,2	217	5,8	8,8	2,8	6,5
Гулливвер (р)	12,4	18,1	219	8,3	8,6	2,0	7,5
Синеглазка (сс)	17,9	23,7	227	5,8	8,5	2,3	6,3
Фрителла (сс)	17,0	22,7	223	6,0	8,3	3,3	6,8
Среднее за 2019 г.	14,7	20,4	229	6,6	8,6	2,3	6,4
НСР ₀₅ за 2019 г.	2,59	2,59	22,3	1,0	0,1	0,3	1,0
Среднее за 2020 г.	16,6	22,4	198	6,3	8,4	3,2	7,0
НСР ₀₅ за 2020 г.	2,15	2,17	14,0	1,1	0,3	1,0	0,3
Среднее за три года	15,7	21,4	214	6,5	8,5	2,8	6,6

Потемнение мякоти: 1 – темнеет очень сильно; 3 – темнеет сильно по всей поверхности; 5 – темнеет умеренно; 7 – темнеет слабо; 9 – не темнеет.

Развариваемость: 1 – не разваривается; 3 – слабо разваривается; 5 – средне разваривается; 7 – сильно разваривается; 9 – очень сильно разваривается.

Вкус: 1 – плохой (неприятный, горьковатый); 3 – пресный; 5 – удовлетворительный (в том числе сладковатый); 7 – хороший; 9 – отличный.

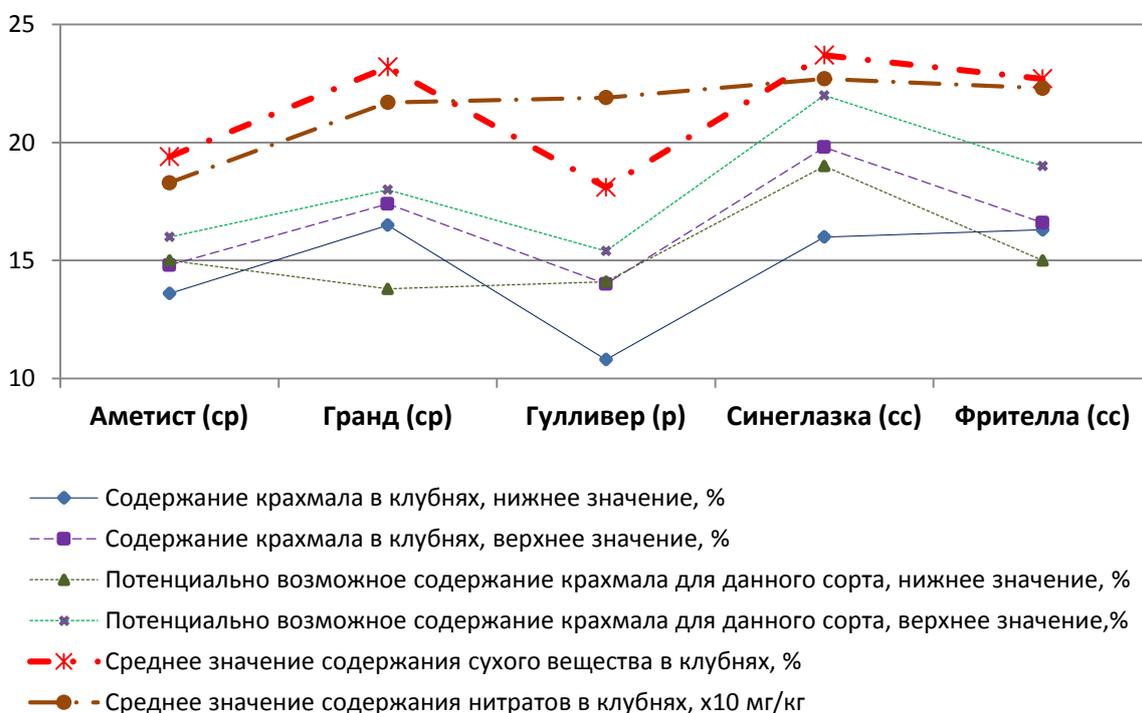


Рис. 5. Содержание крахмала, сухого вещества и нитратов в клубнях

Одним из показателей качества продовольственного картофеля является потемнение мякоти. Важно, чтобы картофель не начал темнеть уже через несколько минут после его очистки или после процесса его термообработки. По данным наших исследо-

ваний, сырая мякоть клубней сорта Гулливер по сравнению с клубнями других сортов была менее подвержена потемнению. Через 24 часа после разрезания клубни этого сорта лишь слегка потемнели по кайме около кожуры – 8,3 балла (во все годы исследований). Клубни такого сорта можно использовать при вакуумировании, заморозке для длительного хранения в очищенном виде. Клубни остальных сортов со светлой мякотью через 24 часа после разрезания оказались умеренно потемневшими – 5,3–6,6 балла. Следовательно, их можно применять в пищевых целях, но желательно после очистки сразу погружать в воду или раствор, что обычно и делают домохозяйки. Клубни сорта Аметист не оценивали по этому признаку, так как они изначально имели фиолетовую окраску. В целом можно отметить, что клубни всех сортов можно использовать на пищевые цели (табл. 2, рис. 6).

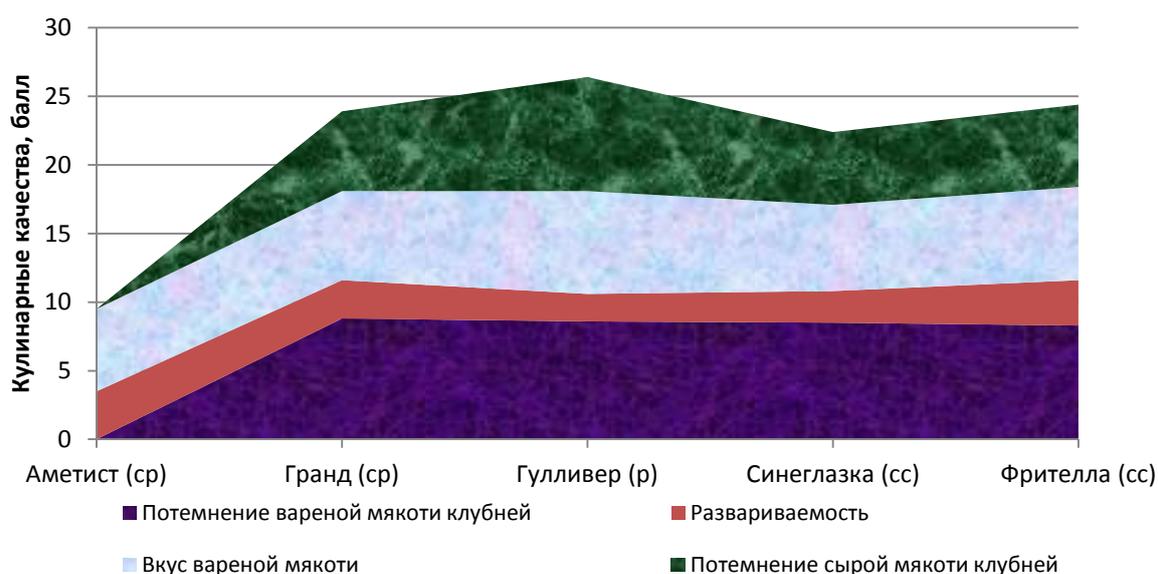


Рис. 6. Кулинарные качества картофеля, балл

При оценке вареных клубней через 24 часа после разрезания все испытанные сорта получили высокие оценки, поэтому их можно рекомендовать для применения в кулинарных целях. В то же время клубни всех сортов оказались «мало разваренными» или почти «не разваренными» – 2,0–4,0 балла, следовательно, их лучше применять для приготовления салатов и нарезок. Для приготовления из них пюре необходимо варить немного дольше рекомендованного времени.

Клубни всех испытуемых сортов оказались достаточно вкусными – 5,5–8,0 баллов. При этом самыми вкусными, несмотря на низкое содержание крахмала, оказались клубни сорта Гулливер – средняя оценка за три года – 7,5 балла.

Исследования показали, что картофель, выращенный из мини-клубней, полученных аэрогидропонным способом, по кулинарным свойствам оказался пригодным для применения в пищевой промышленности. Содержание крахмала в таких клубнях составляет 75% и более от потенциально возможных значений для всех испытанных сортов.

Мини-клубни мелкой фракции обычно бракуют либо их оценивают дешевле, поэтому для определения экономической эффективности выращивания принята себестоимость, равная 4,00 руб. При товарной урожайности от 14,4 до 17,0 т/га клубней фракции более 30 мм себестоимость продовольственного картофеля составила 12,59–15,81 руб./кг (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность выращивания продовольственного картофеля из мини-клубней мелкой фракции, полученных аэрогидропонным способом, среднее за 2019–2021 гг.

Сорт	Расходы, тыс. руб./га	Товарная урожайность, т/га	Себестоимость, тыс. руб./т	Выручка, тыс. руб./га	Доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Аметист (ср)	228,2	14,7	15,56	249,3	21,1	16,0
Гранд (ср)	228,2	17,0	13,46	288,3	60,1	21,4
Гулливер (р)	228,2	18,1	12,59	308,1	79,9	24,5
Синеглазка (сс)	228,2	14,4	15,81	245,4	17,2	15,5
Фрителла (сс)	228,2	15,7	14,58	266,1	37,9	18,2
Среднее	228,2	16,0	14,29	271,4	43,2	19,0

Доход от выращивания картофеля из мини-клубней при реализации по цене 17 руб./кг (принята за расчетную) находился в интервале от 17,2 до 79,9 тыс. руб./га (в зависимости от сорта), рентабельность – 15,5–24,5%.

Выводы

1. Средняя урожайность всех испытанных сортов находилась на уровне 16,4 т/га, при этом доля товарных по размеру клубней составляла 96,5–98,6%. Приведенные показатели свидетельствуют о том, что при выращивании картофеля из мини-клубней мелкой фракции можно получить более 38–89% от возможной потенциальной товарной урожайности в зависимости от сорта.

2. Содержание крахмала в клубнях сортов Гранд (16,5–18,3%), Синеглазка (16,0–19,8%) и Фрителла (16,3–17,6%) отмечено в пределах потенциально возможных значений. Самое высокое содержание сухого вещества (21,8–25,6%) отмечено в клубнях сорта Синеглазка, следовательно, клубни этого сорта можно использовать для получения продуктов переработки, например сухого пюре. Картофель, выращенный из мини-клубней, полученных аэрогидропонным способом, по кулинарным свойствам пригоден для применения в пищевой промышленности. Содержание крахмала в таких клубнях составляет 75% и более от потенциально возможных значений для всех испытанных сортов.

3. Содержание нитратов в клубнях картофеля всех сортов не превышало предельно допустимую концентрацию (250 мг/кг). Следовательно, клубни, выращенные в полевых условиях из мелких мини-клубней, полученных с использованием аэрогидропонных установок с комбинированной системой питания, можно применять на продовольственные цели.

5. Сырая мякоть клубней сорта Гулливер по сравнению с клубнями других сортов была менее подвержена потемнению – 8,3 балла (во все годы исследований). Несмотря на низкое содержание крахмала (10,8–14,0%) сорт получил самую высокую оценку по вкусовым качествам (средняя оценка – 7,5 балла во все годы исследований). Клубни такого сорта можно использовать при вакуумировании, заморозке для длительного хранения в очищенном виде. Следовательно, картофель, выращенный из мини-клубней, полученных аэрогидропонным способом, по кулинарным свойствам пригоден для применения в пищевой промышленности.

6. При товарной урожайности от 14,4 до 17,0 т/га клубней фракции более 30 мм себестоимость продовольственного картофеля составила 12,59–15,81 руб./кг. Доход от

выращивания картофеля из мини-клубней при реализации по цене 17 руб./кг (принята за расчетную) находился в интервале от 17,2 до 79,9 тыс. руб./га (в зависимости от сорта), рентабельность – 15,5–24,5%.

Таким образом, можно констатировать экономическую целесообразность выращивания продовольственного картофеля из мини-клубней мелкой фракции, полученных с использованием аэрогидропонных установок с комбинированной системой питания.

Список источников

1. Анисимов Б.В., Зебрин С.Н., Карданова И.С. и др. Особенности выращивания мини-клубней в тоннельных укрытиях и проверка их качества методом грунтоконтроля // Картофелеводство: материалы международной научно-практической конференции «Инновационные технологии селекции и семеноводства картофеля» (Москва, 29–30 июня 2017 г.). Москва: ФГБНУ ВНИИКХ, 2017. С. 230–240.
2. Аэро-гидропонная установка для выращивания растений *in vitro*: пат. 2693721 Рос. Федерация. № 2018105619; заявл. 14.02.2018; опубл. 04.07.2019. Бюл. № 19. 9 с.
3. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по РФ в 2020 году. Ч. 1: информация 2020 г. // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 26.03.2021).
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Жевора С.В., Федотова Л.С., Тимошина Н.А. и др. Урожайность и качество перспективных сортов картофеля в зависимости от биологических особенностей и климатических условий // АгроИнновации. 2020. № 1-2 (3-4). С. 20-37.
6. Крычковский В.М. Влияние различных способов размножения оздоровленных клубней и растений на урожай картофеля и его фракционный состав // Картоплярство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вип. 38. Київ: Аграрна наука Інститут картоплярства УААН, 2009. С. 54–61.
7. Малько А.М., Николаев Ю.Н., Макарова В.С. и др. Технологический процесс производства оригинального, элитного и репродукционного семенного картофеля (методические рекомендации). Москва: ФГУ «Россельхозцентр», ГНУ ВНИИКХ Россельхозакадемии, 2011. 32 с.
8. Методика исследований по культуре картофеля. Москва: НИИКХ, 1967. 263 с.
9. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2019 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 179 с.
10. Оригинальный и элитный семенной картофель. Каталог // Агроцентр Коренево. Семеноводческое хозяйство [Электронный ресурс]. URL: <https://agrokorenevo.ru/sineglazka-2016> (дата обращения: 01.02.2022).
11. Посевные площади Российской Федерации в 2020 году: информация 2020 г. // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 08.04.2021).
12. Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Мальцев С.В., Белов Г.Л. Качество столового картофеля и продуктов его переработки в зависимости от сорта, типа почвы и условий хранения // Земледелие. 2018. № 5. С. 27–30. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10507.
13. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А. Сортосы ресурсы картофеля для целевого выращивания // Картофель и овощи. 2017. № 1. С. 24–26.
14. Сорта картофеля. Все о картофеле // Портал «КартофельЭксперт» [Электронный ресурс]. URL: <https://kartofelexpert.ru/> (дата обращения: 01.02.2022).
15. Сорта растений. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1 [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search/> (дата обращения: 01.02.2022).
16. Старовойтов В.И. Обоснование процессов и средств механизации производства картофеля в системе «поле – потребитель»: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Москва, 1995. 37 с.
17. Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А. и др. Влияние средовых факторов со снижением пестицидной нагрузки на формирование урожая картофеля // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2019. № 2 (90). С. 30–34.
18. Хутинаев О.С., Анисимов Б.В., Юрлова С.М., Мелешин А.А. Мини-клубни методом аэрогидропонии // Картофель и овощи. 2016. № 11. С. 12–14.
19. Хутинаев О.С., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А. и др. 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). С. 7–14. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-4-7-14.
20. Хутинаев О.С., Юрлова С.М., Анисимов Б.В. Особенности гидропонного выращивания мини- и микроклубней на установках КД-10 и «Минивит» // Картофелеводство: сборник научных трудов: материалы Научной конференции «Мировые генетические ресурсы картофеля и их использование в современных направлениях селекции» (к 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова). Москва: ГНУ ВНИИКХ Россельхозакадемии, 2012. С. 125–131.

21. Шабанов А.Э., Киселев А.И., Федотова Л.С. и др. Продуктивность и качество сортов картофеля нового поколения // Картофель и овощи. 2019. № 3. С. 25–27.
22. Nistor A., Câmpeanu G., Atanasiu N. et al. Effect of cropping system, planting density and size of potato seed-minitubers on their yielding capacity // Romanian Agricultural Research. 2011. No. 28. Pp. 137-141.

References

1. Anisimov B.V., Zebrin S.N., Kardanova I.S. et al. Osobennosti vyrashchivaniya miniklubnej v tonnel'nykh ukrytiyakh i proverka ikh kachestva metodom gruntkontrolya [Features of growing mini-tubers in tunnel shelters and their quality checking by soil control method]. Kartofelevodstvo: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii "Innovatsionnye tekhnologii seleksii i semenovodstva kartofelya" (Moskva, 29-30 iyunya 2017 g.) [Potato Growing: Proceedings of the International scientific and practical conference "Innovative technologies of potato breeding and seed production" (Moscow, June 29-30, 2017)]. Moscow: All-Russian Potato Research Centre Press; 2017:230-240. (In Russ.).
2. Aero-gidroponnaya ustanovka dlya vyrashchivaniya rastenij [Aero-hydroponic assembly for *in vitro* plant growing]: patent 2693721 Ros. Federatsiya. № 2018105619; zayavleno 14.02.2018; opublikovano 04.07.2019. Byul. № 19 = Patent 2693721 Russian Federation. No. 2018105619, claimed 14.02.2018; published 04.07.2019, Bulletin 19. 9 p. (In Russ.).
3. Valovye sbory i urozhajnost' sel'skokhozyajstvennykh kul'tur po RF v 2020 godu. Ch. 1: Informatsiya 2020 g. Ofitsial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Gross harvests and yields of agricultural crops in the Russian Federation in 2020. Part 1: Information of 2020. Official website of the Federal State Statistics Service]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>. (In Russ.).
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnoe posobie. 5-e izd., dop. i pererab. [Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5th edition, revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
5. Zhevorva S.V., Fedotova L.S., Timoshina N.A. et al. Urozhajnost' i kachestvo perspektivnykh sortov kartofelya v zavisimosti ot biologicheskikh osobennostej i klimaticheskikh uslovij [Productivity and quality of promising potato varieties depending on biological characteristics and climatic conditions]. *AgroInnovatsii = Innovations in Agriculture*. 2020;1-2(3-4):20-37. (In Russ.).
6. Krychkovskiy V.M. Vliyanie razlichnykh sposobov razmnozheniya ozdorovlennykh klubnej i rastenij na urozhaj kartofelya i ego fraktsionnyj sostav [The impact of various methods of reproduction of healthy tubers and plants on potato yield and its fractional composition]. Kartoplyarstvo. Mizhvidomchij tematichnj naukovij zbirnik. Vip. 38. [Potato production: Interdepartmental subject collection. Issue 38]. Kyiv: Agrarian Science. Potato Growing Institute of UAAS Press; 2009:54-61.
7. Mal'ko A.M., Nikolaev Yu.N., Makarova V.S. et al. Tekhnologicheskij protsess proizvodstva original'nogo, elitnogo i reprodukcionnogo semennogo kartofelya (metodicheskie rekomendatsii) [Technological process of production of original, elite and reproductive seed potato (methodological recommendations)]. Moscow: Rossel'khozcentre Press; 2011. 32 p. (In Russ.).
8. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya [Methods of research on potato culture]. Moscow: Scientific Research Institute on Potato Press; 1967. 263 p. (In Russ.).
9. Natsional'nyj doklad "O khode i rezul'tatakh realizatsii v 2019 godu Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya" [National report "On the progress and results of the implementation in 2019 of the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets"]. Moscow: Rosinformagrotekh Press; 2020. 179 p. (In Russ.).
10. Original'nyj i elitnyj semennoj kartofel'. Katalog. Agrotsentr Korenevo. Semenovodcheskoe khozyajstvo [Original and elite seed potato. Catalog. Agrocentre Korenevo. Seed-production farm]. URL: <https://agrokorenevo.ru/sineglazka-2016>. (In Russ.).
11. Posevnye ploshchadi Rossijskoj Federatsii v 2020 godu: informatsiya 2020 g. Ofitsial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Cultivated land in the Russian Federation in 2020: information of 2020. Official website of the Federal State Statistics Service]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>. (In Russ.).
12. Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N., Maltsev S.V., Belov G.L. Kachestvo stolovogo kartofelya i produktov ego pererabotki v zavisimosti ot sorta, tipa pochvy i uslovij khraneniya [Quality of table potato and processed products depending on variety, soil type and storage conditions]. *Zemledelie = Zemledelie*. 2018;5:27-30. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10507. (In Russ.).
13. Simakov E.A., Anisimov B.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A. Sortovye resursy kartofelya dlya tselovogo vyrashchivaniya [Varietal potato resources for target cultivation]. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*. 2017;1:24-26. (In Russ.).
14. Sorta kartofelya. Vse o kartofele. Portal Kartofel'Ekspert [Potato varieties. All about potato. PotatoExpert Portal]. URL: <https://kartofelexpert.ru/>. (In Russ.).
15. Sorta rastenij. Gosudarstvennyj reestr selektsionnykh dostizhenij, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. [State Register of Selection Achievements Authorized for Use for Production Purposes. Vol. 1. Plant varieties]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/search>. (In Russ.).

16. Starovoitov V.I. Obosnovanie protsessov i sredstv mekhanizatsii proizvodstva kartofelya v sisteme "pole – potrebitel" [Justification of the processes and means of mechanization of potato production in the "field – consumer" system]: dissertatsiya ... doctora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01]. Moscow; 1995. (In Russ.).

17. Starovoitova O.A., Starovoitov V.I., Manokhina A.A. et al. Vliyanie sredovykh faktorov so snizheniem pestitsidnoj nagruzki na formirovanie urozhaya kartofelya [Influence of environmental factors on the decrease of pesticide effect on potato yield]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina"* = *Vestnik of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2019;2(90):30-34. (In Russ.).

18. Khutinaev O.S., Anisimov B.V., Yurlova S.M., Meleshin A.A. Mini-klubni metodom aerogidroponiki [Mini-tubers by aero and hydroponic method]. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*. 2016;11:12-14. (In Russ.).

19. Khutinaev O.S., Starovoitov V.I., Starovoitova O.A. et al. Vyrashchivanie miniklubnej kartofelya i top-inambura v usloviyakh vodno-vozdushnoj kul'tury s ispol'zovaniem iskusstvennogo osveshcheniya [Growing mini-tubers of potato and Jerusalem artichoke in a water-air environment under artificial lighting]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina"* = *Vestnik of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2018;4(86):7-14. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-4-7-14. (In Russ.).

20. Khutinaev O.S., Yurlova S.M., Anisimov B.V. Osobennosti gidroponnogo vyrashchivaniya mini- i mikroklubnej na ustanovkakh KD-10 i «Minivit» [Features of hydroponic cultivation of mini- and micro-tubers on CD-10 and Minivit installations]. *Kartofelevodstvo: sbornik nauchnykh trudov: materialy Nauchnoj konferentsii "Mirovye geneticheskie resursy kartofelya i ikh ispol'zovanie v sovremennykh napravleniyakh selektsii" (k 125-letiyu so dnya rozhdeniya N.I. Vavilova)* [Potato growing: collection of scientific papers: Proceedings of Scientific conference "World genetic resources of potato and their use in modern breeding directions" (on the 125th anniversary of N.I. Vavilov's birth)]. Moscow: All-Russian Research Institute of Potato Growing Press; 2012:125-131. (In Russ.).

21. Shabanov A.E., Kiselev A.I., Fedotova L.S. et al. Produktivnost' i kachestvo sortov kartofelya novogo pokoleniya [Productivity and quality of new generation potato varieties]. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*. 2019;3:25-27. (In Russ.).

22. Nistor A., Câmpeanu G., Atanasiu N., (...), Rusu S., Ianoși M. Effect of cropping system, planting density and size of potato seed-minitubers on their yielding capacity. *Romanian Agricultural Research*. 2011;28:137-141.

Информация об авторах

В.И. Старовойтов – доктор технических наук, профессор, зав. отделом технологии и инновационных проектов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», agronir1@mail.ru.

О.А. Старовойтова – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела технологии и инновационных проектов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», agronir2@mail.ru.

А.А. Манохина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», alexman80@list.ru.

Н.Э. Шабанов – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела технологии и инновационных проектов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», shaban-sky@mail.ru.

С.В. Филиппова – лаборант отдела технологии и инновационных проектов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», svetlanka_631980@mail.ru.

Information about the authors

V.I. Starovoitov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Technology and Innovation Projects, Russian Potato Research Centre, agronir1@mail.ru.

O.A. Starovoitova, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, the Department of Technology and Innovation Projects, Russian Potato Research Centre, agronir2@mail.ru.

A.A. Manokhina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Russian Timiryazev State Agrarian University, alexman80@list.ru.

N.T. Shabanov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, the Department of Technology and Innovation Projects, Russian Potato Research Centre, shaban-sky@mail.ru.

S.V. Filippova, Laboratory Assistant, the Department of Technology and Innovation Projects, Russian Potato Research Centre, svetlanka_631980@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.06.2022; одобрена после рецензирования 10.09.2022; принята к публикации 28.09.2022.

The article was submitted 06.06.2022; approved after reviewing 10.09.2022; accepted for publication 28.09.2022.

© Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А., Шабанов Н.Э., Филиппова С.В., 2022