

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОДОРАСТВОРИМЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ СОРТА ДОЧКА В УСЛОВИЯХ АЭРОПОНИКИ

¹О.О. Новиков, младший научный сотрудник

¹М.С. Романова, кандидат биологических наук

¹Е.В. Хаксар, научный сотрудник

¹Е.И. Косинова, младший научный сотрудник

²Ю.В. Чудинова, доктор биологических наук, профессор

¹Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН

²Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

E-mail: novickoww@yandex.ru

Ключевые слова: картофель, аэропоника, питательный раствор, мини-клубни.

Реферат. Изучена возможность использования и перспективность применения разных водорастворимых удобрений для выращивания оздоровленного посадочного материала картофеля сорта Дочка в условиях аэропоники. В качестве объектов исследования использовались два варианта водорастворимых удобрений: 1) комплексное удобрение Нутрифлекс-Т в концентрации 2 г/л с добавлением кальция азотнокислого четырехводного в концентрации 0,35 г/л; 2) авторское водорастворимое удобрение Ю.Ц. Мартиросяна в концентрации 1 г/л. В опытах использовали оздоровленные микрорастения картофеля сорта Дочка. Опыты проводились на аэропонных установках «Урожай-9000». В качестве источника света использовали натриевые газоразрядные лампы ДНаТ-400. Спустя 30 суток выращивания на водорастворимом удобрении высота растений картофеля и длина корневой системы в изучаемых вариантах не отличались. В варианте с использованием авторской среды Ю.Ц. Мартиросяна по сравнению с удобрением Нутрифлекс-Т наблюдалось статистически значимое увеличение следующих показателей: среднего количества мини-клубней, полученных с одного растения ($17,38 \pm 0,29$ шт. против $14,44 \pm 0,35$), средней массы одного мини-клубня ($8,17 \pm 0,29$ г против $5,47 \pm 0,26$), доли мини-клубней массой выше 4 г ($67,63$ % против $46,10$), биомассы корневой системы в конце выращивания ($33,31 \pm 0,45$ г по сравнению с $30,31 \pm 0,35$). В то же время биомасса вегетативной части растений картофеля в конце выращивания на удобрении Нутрифлекс-Т была выше, чем при выращивании на питательной среде Ю.Ц. Мартиросяна ($284,06 \pm 4,77$ против $151,25 \pm 2,45$). Показано, что выращивание растений картофеля сорта Дочка на авторском водорастворимом удобрении Ю.Ц. Мартиросяна является экономически целесообразным.

THE EFFECT OF VARIOUS WATER-SOLUBLE FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF POTATO PLANTS OF THE DOCHKA VARIETY IN AEROPONICS

¹O.O. Novikov, Junior Research

¹M.S. Romanova, PhD in Biological Sciences, Deputy Director for Research

¹E.V. Khaksar, Research

¹E.I. Kosinova, Junior Research

²Yu.V. Chudinova, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – a branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences

²Tomsk Agriculture Institute – a branch of Novosibirsk State Agricultural University

E-mail: novickoww@yandex.ru

Keywords: potatoes, aeroponics, water-soluble fertiliser, mini tubers.

Abstract. *The possibility and the prospects of using various water-soluble fertilisers for growing healthy planting material of potato variety Dochka under aeroponics conditions have been studied. Two variants of water-soluble fertilisers were used as objects of study: 1) Nutriflex-T complex fertiliser at a concentration of 2 g/l with the addition of calcium nitrate 4-aqueous at a concentration of 0.35 g/l; 2) author's water-soluble fertiliser Martirosyan Yu.Ts. At a concentration of 1 g/l. In the experiments, healthy potato microplants of the Dochka variety were used. The experiments were carried out on aeroponic systems "Urozhay-9000". Sodium sodium-vapour lamps DNAT 400 were used as a light source. After 30 days of cultivation on a water-soluble fertiliser, the height of potato plants and the length of the root system in the studied variants did not differ in the version using the author's environment, Martirosyan Yu.Ts. Compared with the variant with the use of the Nutriflex-T complex fertiliser, a statistically significant increase in the following indicators was observed: the average number of mini tubers obtained from one plant (17.38 ± 0.29 pcs. pieces/bush compared to 14.44 ± 0.35 pieces/bush), the average weight of one mini tuber (8.17 ± 0.29 g compared to 5.47 ± 0.26 g), the proportion of mini tubers weighing over 4 g (67.63% compared to 46.10%), biomass of the root system at the end of cultivation (33.31 ± 0.45 g compared to 30.31 ± 0.35 g). At the same time, the biomass of the vegetative part of potato plants at the end of cultivation on the Nutriflex-T fertiliser was higher than the biomass of the vegetative part of plants grown on the nutrient medium of Martirosyan Yu.Ts. (284.06 ± 4.77 g compared to 151.25 ± 2.45 g). It is shown that the cultivation of potato plants of the Dochka variety on the author's water-soluble fertiliser Martirosyan Yu.Ts. It is economically viable.*

Качественный посадочный материал картофеля является одним из важных факторов высокой урожайности данной культуры [1]. При длительном культивировании в клубнях картофеля происходит накопление вирусной инфекции, что приводит к снижению его качества и урожайности [2]. Наиболее распространенные и экономически значимые вирусы картофеля – X, Y, M, S, A, вирус скручивания листьев и вириод веретеновидности клубней. Потери урожая при инфицировании данными вирусами могут достигать 10 – 80 %. В таких условиях оздоровление и производство семенного материала картофеля является одной из важнейших задач [3, 4].

В настоящий момент для оздоровления картофеля от вирусной инфекции используют метод апикальной меристемы с дальнейшим культивированием полученных безвирусных клонов растений картофеля, в частности, на аэропонных установках [5].

В аэропонике оптимизация состава питательного раствора является наиболее важным фактором для получения большего количества семенного материала картофеля. Каждая культура имеет свой оптимум потребления питательных веществ. Даже для отдельного сорта может потребоваться конкретный питательный раствор [6, 2]. В условиях аэропонии питание растений находится под полным контролем [7]. Растения сбалансированно обеспечиваются питательными элементами, водой и кислородом; контролируется развитие клубней для получения однородных по размеру стандартных мини-клубней семенного картофеля [8, 9].

Целью проведения исследований являлось изучение возможности использования и эффективности применения различных водорастворимых удобрений для выращивания оздоровленного исходного посадочного материала картофеля на аэропонных установках.

Работа проводилась в СибНИИСХиТ – филиале СФНЦА РАН в 2019 г. Объект эксперимента – оздоровленные материнские микрорастения картофеля *Solanum tuberosum* L. сорта Дочка, полученные из апикальных меристем путем культивирования на стандартной питательной среде Мурасиге – Скуга с модификациями в течение 28 суток [10, 11].

Сорт картофеля Дочка – среднеранний сорт столового назначения. Клубень овальной формы с мелкими глазками. Кожура красная. Мякоть кремовая. Антоциановая окраска внутренней стороны венчика отсутствует или очень слабая. Содержание крахмала 17,3 %. Товарная урожайность – 19,1 – 35,5 т/га, максимальная урожайность – 37,4 т/га. Устойчив к возбудителю рака картофеля, золотистой картофельной цистообразующей нематодой. Включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону.

Для оздоровления картофеля проводился поиск базовых клонов в полевых условиях. Требования, предъявляемые к растению, наменному к отбору: растение – типичное по морфологическому строению для данного сорта, абсолютно здоровое по внешнему виду, нормально развитое, с характерным для сорта количеством стеблей. Клубни – типичные по морфологическим признакам для данного сорта без признаков веретеновидности, совершенно здоровые по визуальной оценке, характерное для сорта количество стандартных по размеру клубней и переход от крупных к мелким. Урожай каждого отобранного клона помещали в отдельный пакет и закладывали на хранение. После прекращения периода покоя проводили термотерапию в термостате в течение 40 дней при температуре +37 °С. Клубни, помещаемые на термотерапию, были по внешним признакам свободны от инфекции, фитофтороза, склероциев ризоктонии и тщательно вымыты. После термотерапии клубни проращивали для получения этиолированных ростков размером 2 – 3 см. Для этого клубни помещали на стеллажи в темном месте, при температуре 18 – 22 °С и относительной влажности воздуха в пределах 75 %.

Вычленение верхушечных меристем проводили в стерилизованном с помощью бактерицидных ламп микробиологическом боксе. Инструменты, используемые для вычленения (пинцеты, скальпели, иглы и т.д.) стерилизовали перед каждым вычленением, погружая в спирт с последующим обжиганием над спиртовкой. От тщательно вымытых клубней отделяли отростки и стерилизовали в спирте в течение 10 мин с последующей трехкратной промывкой стерильной водой. Простерилизованные ростки помещали в стерильную чашку Петри и добавляли несколько капель автоклавированной воды для предупреждения их подсыхания. Перед вычленением с верхушки ростка удаляли покровные листочки, последовательно обнажая боковые и верхушечные меристемы с примордиальными листочками. Эту операцию проводили с помощью препаровальной иглы под бинокулярной лупой. Меристему размерами 100 – 250 мкм без листовых зачатков (примордиев) вычленяли обычной тонкой иглой, зажатой в держатель. Меристему на острие иглы переносили на поверхность питательной среды в пробирку, закрывали ее пробкой над пламенем горелки и ставили в штатив. После заполнения штатива с пробирками закрывали целлофановым колпаком для предупреждения подсыхания сред, подписывали и ставили в световой стеллаж с постоянным световым и влаготемпературным режимами. После появления из меристемы полноценного микрорастения проводилось его микроклональное размножение и закладка опыта. Микроклональное размножение микрорастений картофеля осуществлялось с помощью микрочеренкования в стерильных ламинар-боксах. Перед закладкой опыта все микрорастения прошли диагностику методом ПЦР в реальном времени в лаборатории по диагностике и контролю качества семенного картофеля.

Исходя из требований культуры картофеля одним из вариантов было выбрано комплексное удобрение Нутрифлекс-Т в концентрации 2 г/л с добавлением кальция азотнокислого четырехводного в концентрации 0,35 г/л (табл. 1). Это водорастворимый кристаллический порошок, разработанный с учетом физиологической потребности конкретных культур в период формирования и развития генеративных органов растений, рекомендуется для использования на томате, перце, картофеле, баклажанах. Не содержит пыли, не имеет едкого запаха, не слеживается, содержит микроэлементы (Mn, Zn, Cu), хелатированные EDTA. В качестве второго варианта был взят использованный нами ранее состав авторского водорастворимого удобрения Ю.Ц. Мартиросяна в концентрации 1 г/л (см. табл. 1). Перед посадкой в модуль все микрорастения прошли диагностику методом ПЦР-РВ. Опыты проводились на аэропонных установках «Урожай-9000». В качестве источника света использовали натриевые газоразрядные лампы ДНаТ-400.

Аэропонные установки размещены в помещении с контролируемыми условиями температуры и влажности. Цикл выращивания растений был разбит на три фазы: адаптации, роста и

клубнеобразования, для каждой из которых использовались разные параметры культивирования.

В фазу адаптации растения выращивали в условиях длинного дня (день/ночь 16/8) при температуре 19 °С, режим подачи питательного раствора – 1 мин, аэрации – 3 мин. На протяжении этого времени у растений хорошо развивалась корневая система и формировалась надземная часть, обеспечивающая эффективный процесс фотосинтеза и полный переход к автотрофному типу питания.

В фазу роста растения выращивали с фотопериодом 14/10 (день/ночь) при температуре 19 °С, режим подачи питательного раствора – 1 мин, аэрации – 10 мин.

В фазу клубнеобразования растения выращивали с фотопериодом 10/14 (день/ночь) при температуре 17 °С, режим подачи питательного раствора – 1 мин, аэрации – 15 мин.

На протяжении всего периода выращивания растений рН питательного раствора держали на уровне 5,7 – 5,8. Плотность высадки растений составила 21 растение на 1 м².

Таблица 1

Содержание питательных элементов в использованных водорастворимых удобрениях, %
Content of nutrients in used water-soluble fertilisers, %

Химический элемент	Водорастворимое удобрение Ю.Ц. Мартиросяна, %			Водорастворимое удобрение Нутрифлекс-Т, %		
	1	2	3	1	2	3
Азот	8	14	11	7,5	15	
Фосфор	12	40	6	4	8	
Калий	38	15	42	12,5	25	
Сера	-	-	-	1,05	2,1	
Магний	4,2	-	-	1,75	3,5	
Медь	-	-	-	0,002	0,004	
Железо	-	-	-	0,035	0,07	
Кремний	0,2	0,2	0,02	-	-	
Марганец	0,2	0,2	0,02	0,0225	0,045	
Бор	0,5	0,5	0,05	0,0125	0,025	
Цинк	0,5	0,5	0,05	0,0125	0,025	
Молибден	-	-	-	0,002	0,004	

Примечание: 1 – фаза адаптации; 2 – фаза роста; 3 – фаза клубнеобразования.

Note: 1 – adaptation phase; 2 – growth phase; 3 – tuberization phase.

Полученные данные обрабатывали с помощью программы для ЭВМ под управлением операционной системы Windows – Microsoft Excel 2013 и пакета программ Statistica 8.0. Для сравнения изучаемых параметров использовался непараметрический критерий Манна-Уитни.

На рис. 1 и 2 представлены данные о влиянии водорастворимых удобрений на высоту и длину корневой системы растений картофеля сорта Дочка (на рисунках изучаемые составы водорастворимых удобрений пронумерованы следующим образом: 1 – авторское удобрение Ю.Ц. Мартиросяна; 2 – Нутрифлекс-Т).

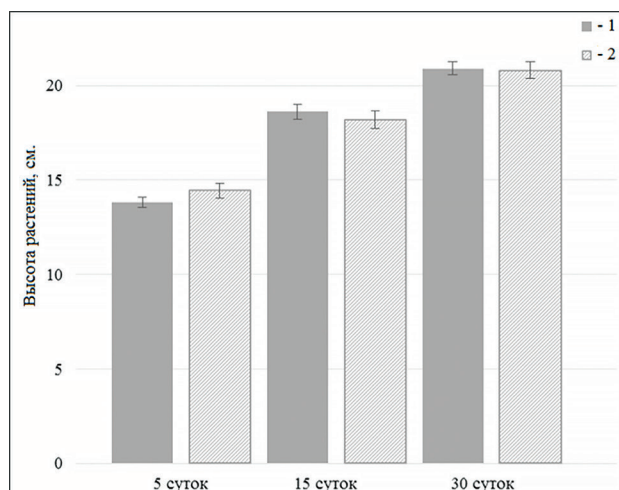


Рис. 1. Высота растений картофеля сорта Дочка на разных сроках выращивания на аэропонных установках

Height of potato plants of the Dochka variety at different periods of cultivation in aeroponic installations

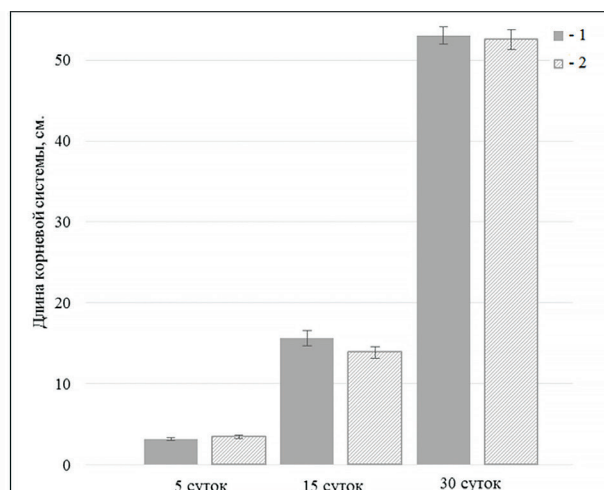


Рис. 2. Длина корневой системы картофеля сорта Дочка на разных сроках выращивания на аэропонных установках

The length of the root system of potatoes of the Dochka variety at different periods of cultivation in aeroponic installations

Как видно из рис. 1 и 2, по высоте растений и длине корневой системы статистически значимых отличий между вариантами не наблюдалось.

На рис. 3 показано влияние водорастворимых удобрений на количество листьев растений картофеля сорта Дочка.

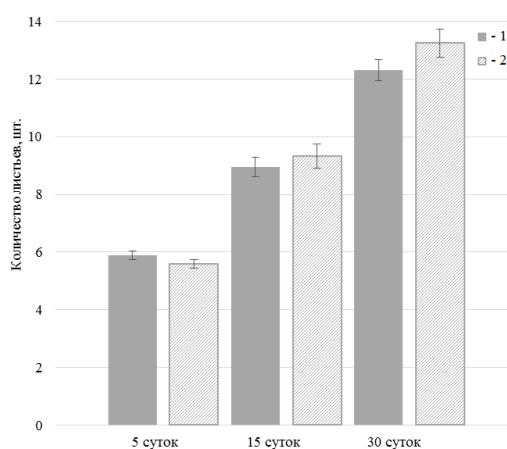


Рис. 3. Количество листьев картофеля сорта Дочка на разных сроках выращивания на аэропонных установках

Number of potato leaves of the Dochka variety at different periods of cultivation in aeroponic installations

Анализ приведенных данных показывает, что на 15-е и 30-е сутки развития наблюдалась тенденция к увеличению количества листьев в варианте с удобрением Нутрифлекс-Т по сравнению с удобрением Ю.Ц. Мартиросяна.

Характеристики мини-клубней картофеля сорта Дочка, полученных при аэропонном выращивании с применением различных водорастворимых удобрений, представлены в табл. 2.

Применение водорастворимого удобрения Ю.Ц. Мартиросяна для выращивания растений картофеля сорта Дочка приводит к статистически значимому увеличению среднего количества мини-клубней с одного растения и средней массы одного мини-клубня по сравнению с водорастворимым удобрением Нутрифлекс-Т (на 17 и 33 % соответственно).

Таблица 2

Характеристики мини-клубней картофеля сорта Дочка, полученных при выращивании на аэропонных установках с применением различных водорастворимых удобрений
Characteristics of mini-tubers of potatoes of the Dochka variety, obtained by growing in aeroponic installations using various water-soluble fertilisers

Тип водорастворимого удобрения	Среднее количество мини-клубней с 1 растения, шт.	Средняя масса 1 мини-клубня, г	Максимальная масса 1 мини-клубня, г	Минимальная масса 1 мини-клубня, г
Удобрение Ю.Ц. Мартиросяна	17,38±0,29	8,17±0,29	43,56	0,12
Нутрифлекс-Т	14,44±0,35**	5,47±0,26**	38,96	0,14

**P<0,01.

В табл. 3 представлены результаты анализа фракционного состава мини-клубней картофеля сорта Дочка, полученных при выращивании на аэропонных установках с применением различных типов водорастворимых удобрений.

Таблица 3

Фракционный состав мини-клубней картофеля сорта Дочка, полученных при выращивании на аэропонных установках с применением разных типов водорастворимых удобрений, %
Fractional composition of potato mini tubers of the Dochka variety, obtained by growing in aeroponic installations using different types of water-soluble fertilisers, %

Тип водорастворимого удобрения	Самая мелкая фракция (0 – 1,5 г)	Мелкая фракция (1,5 г – 4 г)	Средняя фракция (4 г – 10 г)	Крупная фракция (> 10 г)
Удобрение Ю.Ц. Мартиросяна	13,31	19,06	36,69	30,94
Нутрифлекс-Т	27,49	26,41	28,35	17,75

В варианте с удобрением Ю.Ц. Мартиросяна количество мини-клубней фракций, пригодных для дальнейшего ведения семеноводства картофеля (крупная и средняя фракции), составляет более половины от общего количества полученных мини-клубней (67,63 %), а в варианте с Нутрифлексом-Т количество мини-клубней данных фракций всего 46,10 %.

В табл. 4 приведены данные о влиянии разных типов водорастворимых удобрений на биомассу растений картофеля сорта Дочка при аэропонном выращивании спустя 4,5 месяца культивирования.

Таблица 4

Биомасса растений картофеля сорта Дочка, выращенных на аэропонных установках с применением разных типов водорастворимых удобрений спустя 4,5 месяца культивирования, г
Biomass of potato plants of the Dochka variety, grown in aeroponic installations using different types of water-soluble fertilisers after 4.5 months of cultivation, g

Тип водорастворимого удобрения	Вегетативная часть	Корневая система
Удобрение Ю.Ц. Мартиросяна	151,25±2,45	33,31±0,45
Нутрифлекс-Т	284,06±4,77**	30,31±0,35*

Масса вегетативной части растений картофеля в варианте опыта с Нутрифлексом-Т на 87% выше, чем в варианте с удобрением Ю.Ц. Мартиросяна, а масса корневой системы, наоборот, на 9 % ниже.

Затраты на полный цикл выращивания растений (от посадки растений на 1 аэропонную установку и до уборки) с использованием водорастворимого удобрения Ю.Ц. Мартиросяна составляют 315 руб., водорастворимого удобрения Нутрифлекс-Т – 399 руб. Если принять стоимость одного мини-клубня равной 35 руб. и вычесть затраты на освещение и полив, то прибыль с полной продажи всех мини-клубней в варианте с авторским удобрением составит 15 104,58 рублей, в варианте с Нутрифлексом-Т – 11 814,58 руб.

Основываясь на результатах проведенных исследований, можно сделать следующие выводы.

1. Применение авторского водорастворимого удобрения Ю.Ц. Мартиросяна для выращивания растений картофеля сорта Дочка приводит к статистически значимому увеличению среднего количества мини-клубней с одного растения и средней массы одного мини-клубня по сравнению с водорастворимым удобрением Нутрифлекс Т (на 17 и 33 % соответственно).

2. Доля мини-клубней, пригодных для дальнейшего ведения семеноводства, выше в варианте с использованием авторского водорастворимого удобрения Ю.Ц. Мартиросяна (67,63 % против с 46,10).

3. Спустя 4,5 месяца выращивания растений картофеля с использованием водорастворимого удобрения Нутрифлекс Т биомасса их вегетативной части на 87 % выше, а биомасса корневой системы на 9 % ниже, чем у растений, выращиваемых с использованием авторского водорастворимого удобрения Ю.Ц. Мартиросяна.

4. На основании анализа затрат на выращивание и выручки от реализации мини-клубней установлено, что экономически более привлекательным вариантом является использование для выращивания мини-клубней картофеля сорта Дочка авторского водорастворимого удобрения Ю.Ц. Мартиросяна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Determination of nutrient solutions for potato (*Solanum tuberosum* L.) seed production under aeroponics production system* / R. Lemma, A. Chindi, W.G. Gebremedhin [et al.] // *Open Agriculture*. – 2017. – N 2. – P. 155–159.
2. Фоминых Т.С., Иванова Г.П., Медведева К.Д. Мониторинг вирусных болезней картофеля в Псковской и Астраханской областях России // *Вестник защиты растений*. – 2017. – № 4 (94). – С. 29–34.
3. *Potato viruses of 7 commercial cultivars grown in field Primorsky krai of Russia* / O.A. Sobko, P.V. Fisenko, I.V. Kim, N.V. Matsishina // *Vegetable crops of Russia*. – 2022. – N 1. – P. 79–85.
4. *Оздоровление перспективных гибридов картофеля методом химиотерапии в культуре in vitro* / В.И. Куликова, В.П. Ходаева, А.Н. Гантимурова [и др.] // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2019. – № 1 (79). – С. 14–18.
5. *Мониторинг вирусных инфекций картофеля с использованием матричной ПЦР-диагностики* / А.М. Малько, А.В. Живых, М.М. Никитин [и др.] // *Картофель и овощи*. – 2017. – № 12. – С. 26–29.
6. *Методика микрклонального размножения и производство оздоровленных мини-клубней в оригинальном семеноводстве картофеля в условиях высокой инфекционной нагрузки Самарской области* / С.Л. Рубцов, А.В. Милехин, С.Н. Шевченко [и др.] // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2017. – № 2 (4). – С. 650–658.
7. *Optimal Nutrient Solution and Dose for the Yield of Nuclear Seed Potatoes under Aeroponics* / J.B. Silva Filho, P.C.R. Fontes, J.F.S. Ferreira [et al.] // *Agronomy*. – 2022. – N 12 (11). – P. 1–17.
8. 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.
9. *Recent Research and Advances in Soilless Culture* / M. Turan, S. Argin, E. Yildirim, A. Güneş. – London: IntechOpen, 2023. – P. 155.
10. *Получение безвирусного картофеля на аэрогидропонных установках в СибНИИСХиТ – филиале СФНЦА РАН* / Е.В. Хаксар, М.С. Романова, Н.И. Леонова, О.О. Новиков // *Актуальные проблемы*

картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Томск, 10-13 апр. 2018 г. – Томск, 2018. – С. 270–274.

11. *Influence of various phytohormones on the growth and development of the Solnechny potato variety in vitro* / O.O. Novikov, M.S. Romanova, N.I. Leonov, E.I. Kosinova // International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture”, Tyumen, July 19-21, 2021. – Tyumen, 2021. – P. 1–6.

REFERENCES

1. Lemma R., Chindi. A., Gebremedhin W.G., Atsede S., Egata S., Ebrahim S. Determination of nutrient solutions for potato (*Solanum tuberosum* L.) seed production under aeroponics production system, *Open Agriculture*, 2017, N 2, P. 155–159.
2. Fominykh T.S., Ivanova G.P., Medvedeva K.D., *Vestnik zashchity rasteniy*, 2017, No. 4 (94), pp. 29–34. (In Russ.)
3. Sobko O.A., Fisenko P.V., Kim I.V., Matsishina N.V. Potato viruses of 7 commercial cultivars grown in field Primorsky krai of Russia, *Vegetable crops of Russia*, 2022, N 1, P. 79–85.
4. Kulikova V.I., Hodaeva V.P., Gantimurova A.N., Lapshinov N.A., Isachkova O.A. Ozdorovlenie perspektivnyh gibridov kartofelja metodom himioterapii v kul'ture in vitro, *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2019, N 1 (79), P. 14–18.
5. Mal'ko A.M., Zhivvykh A.V., Nikitin M.M., Frantsuzov P.A., Statsyuk N.V., Dzhavakhiya V.G., Golikov A.G., *Kartofel' i ovoshchi*, 2017, No. 12, pp. 26–29. (In Russ.)
6. Rubtsov S.L., Milekhin A.V., Shevchenko S.N., Bakunov A.L., Dmitrieva N.N., *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2017, No. 2 (4), pp. 650–658. (In Russ.)
7. Silva Filho J. B., Fontes P. C. R., Ferreira J. F. S., Cecon P. R., Crutchfield E., Optimal Nutrient Solution and Dose for the Yield of Nuclear Seed Potatoes under Aeroponics, *Agronomy*, 2022, No. 12 (11), P. 1–17.
8. Anikina I.N., Khutinaev O.S., Sultumbaeva A.K., *European Science*, 2017, No. 6 (28), pp. 40–44 (In Russ.)
9. Turan M., Argin S., Yildirim E., Güneş A., Recent Research and Advances in Soilless Culture, London: IntechOpen, 2023, P. 155.
10. Khaksar E.V., Romanova M.S., Leonova N.I., Novikov O.O., *Aktual'nye problemy kartofeleводства: fundamental'nye i prikladnye aspekty*, Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Tomsk, 10–13 April, Tomsk, 2018, pp. 270–274. (In Russ.)
11. Novikov O.O., Romanova M.S., Leonov N.I., Kosinova E.I., Influence of various phytohormones on the growth and development of the Solnechny potato variety in vitro, *International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture”*, Tyumen, July 19-21, 2021, P. 1–6.