

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.4>

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИФЕНОЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ВОДОРОСЛЕЙ, ДЛЯ БОРЬБЫ С ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Научная статья

Манукян А.И.^{1,*}, Хаксар Е.В.², Романова М.С.³, Захаренко А.М.⁴, Голохваст К.С.⁵

¹ ORCID : 0009-0007-0670-7612;

² ORCID : 0009-0000-0326-7403;

³ ORCID : 0000-0003-2069-3572;

⁴ ORCID : 0000-0002-9520-8271;

⁵ ORCID : 0000-0002-4873-2281;

^{1,2,3} Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, Томск, Российская Федерация

⁴ Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, Краснообск, Российская Федерация

⁵ Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (angelina_chiganova[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты изучения эффективности использования полифенолов, полученных из водорослей *Saccharina japonica* и *Tichocarpus crinitus*, в составе питательной среды для борьбы с вирусной инфекцией картофеля на проростках картофеля сорта Тулеевский в лабораторных условиях *in vitro*. Применение спиртового экстракта таллома бурой водоросли *Saccharina japonica* привело к значительному снижению содержания в них вируса X и снижению содержания вируса Y, но при этом наблюдалось уменьшение массы побегов растений на 35% за счет уменьшения массы их стеблей на 28 сутки культивирования. Использование экстракта красной водоросли *Tichocarpus crinitus* вызвало снижение содержания в растениях картофеля вируса X, полное освобождение 50% растений от вируса Y и снижение содержания вируса Y в остальных растениях. При этом отмечалось ингибирующее воздействие изучаемого состава на развитие растений картофеля – число междоузлий на 28 сутки выращивания было снижено по сравнению с контролем на 33%, число листьев – на 24%, масса листьев и суммарная площадь листовой поверхности – на 56%.

Ключевые слова: картофель, полифенолы, антивирусные свойства, ростовые процессы, вирусная инфекция.

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF USING ALGAE-DERIVED POLYPHENOLS TO COMBAT POTATO VIRUS INFECTION

Research article

Manukyan A.I.^{1,*}, Khaksar E.V.², Romanova M.S.³, Zakharenko A.M.⁴, Golokhvast K.S.⁵

¹ ORCID : 0009-0007-0670-7612;

² ORCID : 0009-0000-0326-7403;

³ ORCID : 0000-0003-2069-3572;

⁴ ORCID : 0000-0002-9520-8271;

⁵ ORCID : 0000-0002-4873-2281;

^{1,2,3} Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Tomsk, Russian Federation

⁴ Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS), Krasnoobsk, Russian Federation

⁵ Siberian Federal Research Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSCA RAS), Novosibirsk, Russian Federation

* Corresponding author (angelina_chiganova[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of studying the effectiveness of using polyphenols derived from the algae *Saccharina japonica* and *Tichocarpus crinitus* as part of the nutrient medium to combat potato virus infection on seedlings of Tuleevsky variety under *in vitro* laboratory conditions. Application of alcoholic extract of the thallome of brown alga *Saccharina japonica* resulted in a significant decrease in the content of virus X and a decrease in the content of virus Y, but there was a 35% decrease in the weight of plant shoots due to a decrease in the weight of their stems on the 28th day of cultivation. The use of red algae extract of *Tichocarpus crinitus* caused a decrease in the content of virus X in potato plants, complete liberation of 50% of plants from virus Y and a decrease in the content of virus Y in the remaining plants. At the same time, the inhibitory effect of the studied composition on potato plant development was observed – the number of internodes on the 28th day of cultivation was reduced by 33% compared to the control, the number of leaves – by 24%, leaf weight and total leaf area – by 56%.

Keywords: potato, polyphenols, antiviral properties, growth processes, viral infection.

Введение

Картофель занимает существенное место в рационе питания, являясь третьей по величине потребления человеком сельскохозяйственной культурой [1], [2]. Клубни картофеля очень питательны и содержат в себе практически все необходимые для человека питательные вещества: витамины, каротиноиды, минеральные соединения, крахмал, белок, сахар [3].

Большой вред растениям наносят болезни: бактериальные, фитоплазменные, вирусные, виroidные и т. п. Наиболее вредоносными фитопатогенами являются вирусы [4], [5]. Вирусные болезни влияют на характеристики культуры: вызывают снижение содержания крахмала, белка, сахаров и др., кроме того, портится товарный вид клубней и их лёжкость. Способы оздоровления растений картофеля, профилактика и борьба с вирусными болезнями остаются актуальными проблемами современной биотехнологии.

На данный момент в противовирусной терапии растений используются следующие ингибиторы вирусной инфекции растений: формальдегиды, ферменты-деструкторы, гормоны растений, производные нуклеиновых кислот, антибиотики, полифенольные соединения и др.

Полифенольные соединения представляют собой обширный класс химических соединений, содержащих в составе молекулы несколько фенольных групп. Это вторичные метаболиты растений или органические соединения, синтезируемые ими. Полифенолы – это уникальные соединения, содержащиеся в высоких концентрациях в наземных и морских растениях, и могут использоваться в качестве дешевой основы новых лекарственных препаратов [6]. К настоящему времени доказана поливалентность эффектов растительных полифенолов – установлены их противовирусная [7], антиоксидантная [8], противовоспалительная [9], иммуномодулирующая [10] и другие активности. Однако только около 15% из 300 000 описанных видов растений систематически изучены на предмет их биологических эффектов. Поэтому обширная область исследований всё ещё остаётся открытой для изучения полифенолов [11]. Полифенольные соединения содержатся в бурых, красных и зелёных морских водорослях. В зелёных и красных водорослях содержится большое количество различных фенольных соединений – бромфенолов, флавоноидов, фенольных кислот, фенольных терпеноидов и микоспорин-подобных аминокислот [12]. Работы по изучению полифенолов приобретают все возрастающую актуальность как для фундаментальной науки, так и для сельскохозяйственного производства [6].

Целью данной работы было изучение возможности использования полифенолов, полученных из водорослей *Saccharina japonica* и *Tichocarpus crinitus* для освобождения растений картофеля сорта Тулеевский от вирусной инфекции.

Методы и принципы исследования

Исследование проведено в Богашевском научном отделе СибНИИСХИТ – филиала СФНЦА РАН в 2022 году. В качестве исходных эксплантов использовали верхушки ростков из глазков клубней картофеля сорта Тулеевский.

Зараженные клубни картофеля проращивали для получения ростков. Для этого их помещали на стеллажи в темном месте, при температуре 18-22° С и относительной влажности воздуха в пределах 75%. Затем с каждого заранее пронумерованного клубня картофеля брали по 3 ростка размером 0,5-1 см и стерилизовали в ½ растворе белизны в течение 10 минут, с последующей трехкратной промывкой стерильной H₂O. Простерилизованные экспланты помещали в стерильную чашку Петри, подсушивали и стерильным пинцетом переносили на поверхность питательной среды в соответствии со схемой эксперимента. Пробирку закрывали пробкой над пламенем горелки и ставили в штатив. После заполнения штатива с пробирками закрывали целлофановым колпаком для предупреждения подсыхания среды, подписывали и ставили в световой стеллаж. Культивирование эксплантов в пробирках проводили в течение 28 суток с фотопериодом 16/8 часов свет/темнота, с использованием люминесцентных лампы OSRAM, холодного дневного света, мощностью 36 W., освещенностью секции 5 тыс. люкс.

Схема эксперимента:

1. Контроль – экспланты картофеля на среде Мурасиге-Скуга, модифицированной для микроочеренкования.
2. Вариант Ф1 – экспланты картофеля на среде Мурасиге-Скуга, модифицированной для микроочеренкования с добавлением спиртового экстракта таллома бурой водоросли *Saccharina japonica* в концентрации 33 мг/л.
3. Вариант Ф2 – экспланты картофеля на среде Мурасиге-Скуга, модифицированной для микроочеренкования с добавлением спиртового экстракта таллома красной водоросли *Tichocarpus crinitus* в концентрации 33 мг/л.

Исследуемые составы питательной среды приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Составы питательной среды для выращивания микрорастений картофеля

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.4.1>

Номер варианта	1	2	3
Наименование	Контроль	Вариант Ф1	Вариант Ф2
Макросоли (мг/л)			
NH ₄ NO ₃	825	825	825
KNO ₃	950	950	950
CaCl ₂ · 2H ₂ O	220	220	220
MgSO ₄ · 4H ₂ O	185	185	185
KH ₂ PO ₄	85	85	85

Номер варианта	1	2	3
Микросоли (мг/л)			
H ₃ BO ₃	3,1	3,1	3,1
MnSO ₄ · 4H ₂ O	11,15	11,15	11,15
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0,0125	0,0125	0,0125
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	4,3	4,3	4,3
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0,0125	0,0125	0,0125
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,125	0,125	0,125
KI	0,415	0,415	0,415
Хелат железа (мг/л)			
Fe ₂ SO ₄ 7H ₂ O	13,9	13,9	13,9
Na ₂ -ЭДТА · 2H ₂ O	18,65	18,65	18,65
Органические компоненты (мг/л)			
Тиамин	5,0	5,0	5,0
Пиридоксин	10,0	10,0	10,0
Аскорбиновая кислота	5,0	5,0	5,0
Сахароза	30 000	30 000	30 000
Агар-агар	7 000	7 000	7 000
Экстракты водорослей			
Спиртовой экстракт таллома бурой водоросли <i>Saccharina japonica</i>	-	33 мл/л	-
Спиртовой экстракт таллома красной водоросли <i>Tichocarpus crinitus</i>	-	-	33 мл/л

Для получения экстракта Ф1 сухой образец таллома бурой водоросли *Saccharina japonica* массой 500 г был измельчен до размера частиц, не превышающих 0,5 см, а затем залит 500 мл 70% раствора этанола для проведения холодной спиртовой экстракции в течение 8 часов. Полученный экстракт был профильтрован с помощью фильтра Шотта.

Для получения экстракта Ф2 сухой образец таллома красной водоросли *Tichocarpus crinitus* массой 500 г был измельчен до размера частиц, не превышающих 0,5 см, а затем залит 500 мл 70% раствора этанола для проведения холодной спиртовой экстракции в течение 8 часов. Полученный экстракт был профильтрован с помощью фильтра Шотта.

Содержание полифенолов в экстрактах водорослей определяли спектрофотометрически при 750 нм с использованием реагента Фолина-Чокальтеу согласно общепринятой методике [13]. В качестве стандарта использовали галловую кислоту, пересчет выполняли по калибровочной кривой, которую строили в аналогичных условиях, заменяя анализируемый раствор на раствор галловой кислоты различной концентрации в метаноле. Содержание растворенных полифенолов в процентах от абсолютно сухой массы водорослей (а.с.м.) составило 2,3%, концентрация фенольных соединений в образце 23 г/л.

В течение опыта (3, 7, 14, 21, 28 дни) измеряли показатели, характеризующие развитие растений: высота, время появления корней и их наличие, количество междоузлий, количество листьев. Появление корней определяли визуально. Высоту измеряли мерной линейкой от основания растения до верхней точки роста. Количество листьев/междоузлий определяли путем пересчета их на одном растении.

После культивирования одну часть 28-дневных эксплантов картофеля отправляли на ПЦР-РВ-диагностику для определения вирусной нагрузки, другую часть – на измерение морфометрических показателей (высота, число междоузлий и листьев, масса листьев, масса стебля, масса побега, масса корневой системы, длина корневой системы, площадь листовой поверхности).

Статистическая обработка результатов производилась с помощью пакета программ для Windows Statistica 8.0. Для сравнения изучаемых величин использовался критерий Манна-Уитни.

Основные результаты и обсуждения

В таблицах 2 и 3 представлены данные о влиянии изучаемых экстрактов на ростовые показатели эксплантов картофеля сорта Тулеевский.

Таблица 2 - Влияние различных составов питательной среды на ростовые показатели эксплантов картофеля сорта Тулеевский

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.4.2>

Показатель	Вариант опыта	Сутки				
		3	7	14	21	28
Высота растений, см	Контроль	0,95±0,42	1,13±0,19	1,69±0,22	2,33±0,30	3,32±0,42
	Вариант Ф1	0,51±0,06	0,83±0,11	1,48±0,19	2,13±0,26	2,65±0,30
	Вариант Ф2	0,52±0,06	0,87±0,11	1,43±0,21	1,91±0,25	2,23±0,28
Число междоузлий, шт.	Контроль	0,90±0,15	1,50±0,22	2,47±0,25	3,00±0,26	3,87±0,30
	Вариант Ф1	0,73±0,13	1,43±0,16	2,50±0,24	3,23±0,33	4,37±0,38
	Вариант Ф2	0,93±0,15	1,57±0,21	2,13±0,25	2,67±0,28	2,93±0,28* xx
Число листьев, шт.	Контроль	1,47±0,26	2,37±0,35	4,07±0,40	4,93±0,42	6,00±0,43
	Вариант Ф1	1,10±0,24	2,57±0,27	4,70±0,40	5,67±0,52	7,10±0,48
	Вариант Ф2	1,33±0,22	2,60±0,30	3,70±0,31	4,43±0,37	5,43±0,45 ^x
Число растений с появившимися корнями, шт.	Контроль	39	45	45	45	45
	Вариант Ф1	33	45	45	45	45
	Вариант Ф2	33	45	45	45	45

Примечание: * — отличия статистически значимы с $p < 0,05$ по сравнению с контролем; ^x — отличия статистически значимы с $p < 0,05$ по сравнению с вариантом Ф1; ^{xx} — отличия статистически значимы с $p < 0,01$ по сравнению с вариантом Ф1

Как видно из представленных данных, в варианте Ф2 наблюдалось статистически значимое по сравнению с контролем (на 24%) и вариантом Ф1 (на 33%) уменьшение числа междоузлий растений на 28 сутки культивирования. Кроме того, выявлено статистически значимое уменьшение числа листьев (на 24%) в варианте Ф2 по сравнению с вариантом Ф1 на 28 день культивирования.

Таблица 3 - Влияние различных составов питательной среды на морфологические показатели микрорастений сорта Тулеевский на 28 день выращивания

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.4.3>

Вариант опыта	Масса листьев, г	Масса стебля, г	Масса побега, г	Масса корневой системы, г	Длина корневой системы, см	Суммарная площадь листовой поверхности, см ²
Контроль	0,14±0,02	0,26±0,04	0,40±0,07	0,29±0,03	6,67±0,33	4,93±0,47
Вариант Ф1	0,11±0,01	0,15±0,02*	0,26±0,01*	0,23±0,06	4,67±0,88	4,5±0,59
Вариант Ф2	0,06±0,03*	0,18±0,06	0,18±0,05*	0,24±0,03	6,00±0,58	2,15±0,83*

Примечание: * — отличия статистически значимы с $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Как видно из таблицы 3, добавление спиртового экстракта таллома бурой водоросли *Saccharina japonica* (вариант Ф1) вызвало статистически значимое уменьшение массы побега (на 35%) за счет массы стебля (на 42%) по сравнению с контролем на 28 сутки выращивания. Состав 2 (вариант Ф2) также уменьшил массу побегов растений (на 55%) за

счет уменьшения массы листьев (на 57%) по сравнению с контролем. Суммарная площадь листовой поверхности в данном варианте также была ожидаемо меньше (на 56%).

В результате проведенного с помощью метода ПЦР-РВ анализа наличия в растительном материале вирусов X, Y, S, A, M и L, а также вириода, было обнаружено наличие вирусов X и Y.

Результаты исследования эффективности использования изучаемых экстрактов для оздоровления картофеля приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 - Результаты ПЦР-анализа проб микрорастений картофеля сорта Тулеевский на наличие вируса X

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.4.4>

Варианты опыта	Рост сигнала флуоресценции (цикл) по каналу FAM (вирус PVX)	Наличие заражения
Контроль	19,15±0,434	да
Вариант Ф1	25,00±1,916*	да
Вариант Ф2	21,15±0,790	да

Примечание: – отличия статистически значимы с $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Таблица 5 - Результаты ПЦР-анализа проб микрорастений картофеля сорта Тулеевский на наличие вируса Y

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.4.5>

Варианты опыта	Рост сигнала флуоресценции (цикл) по каналу FAM (вирус PVY)	Наличие заражения
Контроль	20,38±1,066	да
Вариант Ф1	21,60±1,256	да
Вариант Ф2	22,31±2,085	да

Таким образом, использование спиртового экстракта таллома бурой водоросли *Saccharina japonica* в составе питательной среды (вариант Ф1) при выращивании растений картофеля привело к значительному уменьшению содержания в них вируса X, а также к снижению содержания вируса Y.

Применение спиртового экстракта таллома красной водоросли *Tichocarpus crinitus* (вариант Ф2) также снизило содержание вируса X. Кроме того, наблюдалось полное освобождение растений от вируса Y в 50% растительных образцов. В оставшихся растениях на данной питательной среде содержание вируса Y было снижено.

Полученные нами результаты согласуются с данными других авторов, которые также отмечают антивирусную активность полифенольных соединений [6], [7].

При расчете экономической эффективности использования питательной среды разного состава учитывалась стоимость компонентов питательной среды, необходимых в процессе приготовления среды и стоимость спиртовых экстрактов водорослей.

Стоимость 1 литра изучаемых питательных сред приведена в таблице 6.

Таблица 6 - Стоимость различных вариантов питательной среды

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.54.4.6>

Варианты состава питательной среды	Цена за 1 литр, руб.
Контроль	77,16
Вариант Ф1	93,66
Вариант Ф2	93,66

Наибольший вклад в дополнительную стоимость питательной среды с добавлением экстрактов водорослей вносит стоимость этилового спирта, с помощью которого производится экстракция фенольных веществ. При использовании для этих целей технического спирта стоимость модифицированных питательных сред будет значительно снижена.

Заключение

Результаты проведенных исследований доказывают перспективность использования полифенолов, полученных из водорослей *Saccharina japonica* и *Tichocarpus crinitus* при оздоровлении растений картофеля сорта Тулеевский от вирусных заболеваний. Вместе с тем, необходимы дальнейшие исследования для определения оптимальных

концентраций изучаемых веществ с целью разработки способов оздоровления растений картофеля от вирусных заболеваний.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Дзагиев Д.А. Картофелепродуктовый подкомплекс: состояние, проблемы, пути развития / Д. А. Дзагиев, Р. У. Баскаева // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО "Горский государственный аграрный университет" (г. Владикавказ, 2019) : сборник статей. — Владикавказ, 2019. — С. 169–172.
2. Campos H. The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind / H. Campos, O. Ortiz. — Cham : Springer Nature, 2020. — 518 p.
3. Трускинов Э.В. Поддержание и хранение коллекционных образцов картофеля в условиях in vitro : методические указания / Э.В. Трускинов. — Ленинград : ВИР, 1987.
4. Трофимец Л.Н. Вирусные болезни картофеля : приложение к журналу «Защита растений» / Л.Н. Трофимец. — Москва : Агропромиздат, 1990.
5. Бирюкова В.А. Молекулярные маркеры генов экстремальной устойчивости к Y вирусу картофеля в сортах и гибридах *Solanum tuberosum* L. / В.А. Бирюкова, И.В. Шмыгля, В.А. Жарова [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. — 2019. — С. 17–22. DOI: 10.31857/S2500-26272019517-22.
6. Беседнова Н.Н. Полифенолы из наземных и морских растений как ингибиторы репродукции коронавирусов / Н.Н. Беседнова, Б.Г. Андруков, Т.С. Запорожец [и др.] // Антибиотики и химиотерапия. — 2021. — Т. 66, № 3–4. — С. 62–81. DOI: 10.24411/0235-2990-2021-66-3-4-62-81.
7. Musarra-Pizzo M. The antimicrobial and antiviral activity of polyphenols from almond (*Prunus dulcis* L.) skin / M. Musarra-Pizzo, G. Ginestra, A. Smeriglio [et al.] // Nutrients. — 2019. — Vol. 11, № 10. — P. 2355. DOI: 10.3390/nu11102355.
8. Ruiz-Ruiz J.K. Antioxidant activity of polyphenols extracted from hop used in craft beer / J.K. Ruiz-Ruiz, G.C. E. Aldana, A.I.C. Cruz [et al.] // Biotechnology Progress in Beverage Consumption. — 2020. — Vol. 19. — P. 283–310.
9. Francisco V. Anti-inflammatory activity of polyphenols on dendritic cells / V. Francisco, G. Costa, B. M. Neves [et al.] // Polyphenols in Human Health and Disease. — 2013. — P. 373–392. DOI: 10.1016/B978-0-12-398456-2.00028-1.
10. Mileo A.M. Polyphenols: immunomodulatory and therapeutic implication in colorectal cancer / A.M. Mileo, P. Nistico, S. Miccadei // Frontiers in Immunology. — 2019. — Vol. 10. — P. 729. DOI: 10.3389/fimmu.2019.00729.
11. Hano C. Plant polyphenols, more than just simple natural antioxidants: oxidative stress, aging and age-related diseases / C. Hano, D. Tungmunthum // Medicines. — 2020. — Vol. 7, № 5. — P. 26. DOI: 10.3390/medicines7050026.
12. Wells M.L. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding / M.L. Wells, P. Potin, J.S. Craigie [et al.] // Journal of Applied Phycology. — 2017. — Vol. 29. — P. 949–982. DOI: 10.1007/s10811-016-0974-5.
13. Van Alstyne K.L. A comparison of three methods for quantifying brown algal polyphenolic compounds / K.L. Van Alstyne // Journal of Chemical Ecology. — 1995. — Vol. 21. — P. 45–58. DOI: 10.1007/BF02033661.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dzagiev D.A. Kartofeleproduktovyy podkompleks: sostojanie, problemy, puti razvitiya [Potato Product Subcomplex: State, Problems, and Development Paths] / D.A. Dzagiev, R.U. Baskaeva // Vestnik nauchnyh trudov molodyh uchjonyh, aspirantov i magistrantov FGBOU VO "Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet" (g. Vladikavkaz, 2019) [Bulletin of Scientific Works of Young Scientists, Postgraduates, and Master's Students of the Gorsky State Agrarian University (Vladikavkaz, 2019)] : Collection of Articles. — Vladikavkaz, 2019. — P. 169–172. [in Russian]
2. Campos H. The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind / H. Campos, O. Ortiz. — Cham : Springer Nature, 2020. — 518 p.
3. Truskinov E.V. Podderzhanie i hranenie kollekcionnyh obrazcov kartofelja v uslovijah in vitro [Maintenance and Storage of Potato Collection Samples under in vitro Conditions] : Guidelines / E.V. Truskinov. — Leningrad : VIR, 1987. [in Russian]
4. Trofimets L.N. Virusnye bolezni kartofelja [Viral Diseases of Potatoes] : Supplement to the Journal "Plant Protection" / L.N. Trofimets. — Moscow : Agropromizdat, 1990. [in Russian]
5. Biryukova V.A. Molekuljarnye markery genov jekstremal'noj ustojchivosti k Y virusu kartofelja v sortah i gibridah *Solanum tuberosum* L. [Molecular Markers of Extreme Resistance Genes to Potato Virus Y in Cultivars and Hybrids of *Solanum tuberosum* L.] / V.A. Biryukova, I.V. Shmyglya, V.A. Zharova [et al.] // Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka [Russian Agricultural Science]. — 2019. — P. 17–22. DOI: 10.31857/S2500-26272019517-22. [in Russian]
6. Besednova N.N. Polifenoly iz nazemnyh i morskih rastenij kak ingibitory reprodukcii koronavirusov [Polyphenols from Terrestrial and Marine Plants as Inhibitors of Coronavirus Reproduction] / N.N. Besednova, B.G. Andryukov, T.S. Zaporozhets

[et al.] // *Antibiotiki i himioterapija [Antibiotics and Chemotherapy]*. — 2021. — Vol. 66, № 3–4. — P. 62–81. DOI: 10.24411/0235-2990-2021-66-3-4-62-81. [in Russian]

7. Musarra-Pizzo M. The antimicrobial and antiviral activity of polyphenols from almond (*Prunus dulcis* L.) skin / M. Musarra-Pizzo, G. Ginestra, A. Smeriglio [et al.] // *Nutrients*. — 2019. — Vol. 11, № 10. — P. 2355. DOI: 10.3390/nu11102355.

8. Ruiz-Ruiz J.K. Antioxidant activity of polyphenols extracted from hop used in craft beer / J.K. Ruiz-Ruiz, G.C. E. Aldana, A.I.C. Cruz [et al.] // *Biotechnology Progress in Beverage Consumption*. — 2020. — Vol. 19. — P. 283–310.

9. Francisco V. Anti-inflammatory activity of polyphenols on dendritic cells / V. Francisco, G. Costa, B. M. Neves [et al.] // *Polyphenols in Human Health and Disease*. — 2013. — P. 373–392. DOI: 10.1016/B978-0-12-398456-2.00028-1.

10. Mileo A.M. Polyphenols: immunomodulatory and therapeutic implication in colorectal cancer / A.M. Mileo, P. Nistico, S. Miccadei // *Frontiers in Immunology*. — 2019. — Vol. 10. — P. 729. DOI: 10.3389/fimmu.2019.00729.

11. Hano C. Plant polyphenols, more than just simple natural antioxidants: oxidative stress, aging and age-related diseases / C. Hano, D. Tungmunthum // *Medicines*. — 2020. — Vol. 7, № 5. — P. 26. DOI: 10.3390/medicines7050026.

12. Wells M.L. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding / M.L. Wells, P. Potin, J.S. Craigie [et al.] // *Journal of Applied Phycology*. — 2017. — Vol. 29. — P. 949–982. DOI: 10.1007/s10811-016-0974-5.

13. Van Alstyne K.L. A comparison of three methods for quantifying brown algal polyphenolic compounds / K.L. Van Alstyne // *Journal of Chemical Ecology*. — 1995. — Vol. 21. — P. 45–58. DOI: 10.1007/BF02033661.