

Научная статья/Research Article

УДК 633.491:579.64:58.071

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-50-57

Ольга Борисовна Сопрунова<sup>1</sup>, Вера Евгеньевна Сопрунова<sup>2✉</sup>, Ольга Игорьевна Жукова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

<sup>1</sup>soprunova@mail.ru

<sup>2</sup>soprunova.vera@mail.ru

<sup>3</sup>shadrina7373@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Цель исследования – изучение ферментативной активности и степени потемнения клубней картофеля, выращенного с применением биопрепарата на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474, разрабатываемого на кафедре «Прикладная биология и микробиология» Астраханского государственного технического университета. Объект исследования – ранний картофель рода Ред Скарлетт. Полевой эксперимент проводили на сельскохозяйственных полях в Камызякском районе Астраханской области. Выращивание картофеля осуществляли с применением следующих вариантов: контроль – выращивание картофеля без обработки биопрепаратами; Витаплан СП (биологический фунгицид на основе *Bacillus subtilis*) – коммерческий биопрепарат выбран для сравнения, использован в соответствии с рекомендациями по применению; ВП1 – жидкая форма биопрепарата на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474. Все исследования проводились по стандартным методикам. В процессе работы проводились исследования ферментативной активности (каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы, амилаз-суммарной,  $\alpha$ -амилазы,  $\beta$ -амилазы) и степени потемнения мякоти клубней картофеля в послеуборочный период и по окончании 4 месяцев хранения. В результате проведенных исследований клубней картофеля, выращенного с применением биопрепарата на основе *B. atrophaeus*, установлено отсутствие негативного влияния на ферментативные активности, происходящие в клубнях как при выращивании, так и при хранении. Преимуществом биопрепарата на основе *B. atrophaeus* является способность снижения активности амилаз как в свежесобранном урожае картофеля, так и при хранении, что оказывает пролонгированное действие, снижая вероятность накопления в клубнях редуцирующих сахаров и холодового осахаривания. Установлено, что степень потемнения опытных образцов с применением биопрепарата менее выражена, чем в контрольном варианте. Результаты исследований позволяют рекомендовать применение биопрепарата на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474 для биологической защиты ранних сортов продовольственного картофеля от альтернариоза.

**Ключевые слова:** картофель, биопрепарат, ферментативная активность, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, амилаза, степень потемнения мякоти клубней картофеля

**Для цитирования:** Сопрунова О.Б., Сопрунова В.Е., Жукова О.И. Влияние биологической обработки при выращивании на физиолого-биохимические и технологические показатели клубней картофеля // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 50–57. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-50-57.

**Благодарности:** исследования проведены за счет средств на выполнение государственного задания в рамках НИОКР ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

Olga Borisovna Soprunova<sup>1</sup>, Vera Evgenievna Soprunova<sup>2✉</sup>, Olga Igorevna Zhukova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

<sup>1</sup>soprunova@mail.ru

<sup>2</sup>soprunova.vera@mail.ru

<sup>3</sup>shadrina7373@mail.ru

## INFLUENCE OF BIOLOGICAL TREATMENT DURING GROWING ON THE PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL INDICATORS OF POTATO TUBERS

*The purpose of research is to study the enzymatic activity and degree of darkening of potato tubers grown using a biological product based on *Bacillus atrophaeus* VKPM V-11474, developed at the Department of Applied Biology and Microbiology of the Astrakhan State Technical University. The object of study is early potatoes of the Red Scarlett genus. The field experiment was carried out on agricultural fields in the Kamyzyak District of the Astrakhan Region. Potato cultivation was carried out using the following options: control – growing potatoes without treatment with biological products; Vitaplan SP (biological fungicide based on *Bacillus subtilis*) – a commercial biological product was selected for comparison and used in accordance with the recommendations for use; VP1 is a liquid form of a biological product based on *B. atrophaeus* VKPM V-11474. All studies were carried out using standard methods. During the work, studies were carried out on enzymatic activity (catalase, peroxidase, polyphenol oxidase, total amylases,  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase) and the degree of darkening of the pulp of potato tubers during the post-harvest period and at the end of 4 months of storage. As a result of studies of potato tubers grown using a biological product based on *B. atrophaeus*, it was established that there was no negative effect on the enzymatic activities occurring in the tubers both during cultivation and during storage. The advantage of a biological product based on *B. atrophaeus* is the ability to reduce the activity of amylases both in freshly harvested potatoes and during storage, which has a prolonged effect, reducing the likelihood of accumulation of reducing sugars and cold saccharification in tubers. It was found that the degree of darkening of the test samples using the biological product was less pronounced than in the control version. The research results allow us to recommend the use of a biological product based on *B. atrophaeus* VKPM V-11474 for the biological protection of early varieties of ware potatoes from *Alternaria* blight.*

**Keywords:** potato, biological product, enzymatic activity, catalase, peroxidase, polyphenol oxidase, amylase, degree of darkening of potato tuber pulp

**For citation:** Soprunova O.B., Soprunova V. E., Zhukova O.I. Influence of biological treatment during growing on the physiological-biochemical and technological indicators of potato tubers // Bulliten KrasSAU. 2024;(2): 50–57. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-50-57.

**Acknowledgments:** research has been carried out at the expense of funds for the implementation of a state task within the framework of R&D of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State Technical University".

**Введение.** Обеспечение населения страны безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией в настоящее время является основной стратегической целью достижения продовольственной безопасности в России [1].

Внедрение инновационных технологий и развитие экологически безопасных производств получения сырья и продукции – важные задачи «Стратегии национальной безопасности» [2].

Одним из приоритетных направлений в растениеводстве в настоящее время является переход на технологии выращивания, предусматривающие снижение или отказ от применения хи-

мических пестицидов с использованием интегрированных систем и биотехнологических подходов, одним из которых является применение различных биопрепаратов, биоудобрений, стимуляторов роста на основе микроорганизмов [3, 4].

Для обработки посевного материала, в процессе выращивания и при закладке на хранение сельскохозяйственного сырья и продукции, в настоящее время применяют микробные биопрепараты, разработанные на основе бактериальных штаммов *Pseudomonas* и *Bacillus*, которые способствуют максимальной сохранности качества и пищевой ценности продуктов, снижая

микробильную порчу и увеличивая продолжительность хранения продукции [5–7].

Однако очень мало исследований относительно аспектов, раскрывающих вопросы способности *Bacillus* проявлять антиоксидантные свойства, приводящих к их толерантности в неблагоприятных условиях окружающей среды как при выращивании сельскохозяйственной продукции, так и при хранении [8].

Применение микробных препаратов при выращивании и хранении в комплексе с повышенными температурами при выращивании и пониженными при хранении являются стрессовыми факторами для многих видов растительной продукции, оказывающими влияние на активность ферментов и, как следствие, на формирование качества продукции [6, 7].

**Цель исследования** – изучение ферментативной активности и степени потемнения клубней картофеля, выращенного с применением биопрепарата на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474, разрабатываемого на кафедре «Прикладная биология и микробиология» Астраханского государственного технического университета.

**Задачи:** провести анализ ферментативной активности и степени потемнения клубней раннего картофеля сорта Ред Скарлетт в полевом опыте и при последующем хранении.

**Объекты и методы.** Полевой эксперимент проводили на сельскохозяйственных полях в Камызякском районе Астраханской области. Объект исследований – ранний картофель сорта Ред Скарлетт. Исследования проводили согласно Методике полевого опыта [9, 10].

Определение активности ферментов и технологических свойств картофеля проводили на базе кафедры «Прикладная биология и микробиология» АГТУ.

Биопрепарат на основе штамма *B. Atrophaeus* ВКПМ В-11474 применялся в виде суспензии (ВП). Суспензию получали при непрерывном жидкофазном культивировании в промышленном ферментере на картофельно-глюкозной среде с титром жизнеспособных клеток не менее  $10^9$  КОЕ/мл.

Выращивание картофеля осуществляли с применением следующих вариантов: контроль – выращивание картофеля без обработки биопрепаратами; Витаплан СП (биологический фунгицид на основе *Bacillus subtilis*) – коммерческий биопрепарат выбран для сравнения, использован в соответствии с рекомендациями по при-

менению (опрыскивание дна борозды перед посадкой, норма расхода 80 г/га); ВП1 – жидкая форма биопрепарата на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474, способ применения – опрыскивание дна борозды перед посадкой (1 %-й раствор, 300 л/га)+2 пролива под корень растений (100 мл/растение) в фазах бутонизации и массового цветения; ВП2 – двукратное опрыскивание растений (1 %-й раствор, 300 л/га) в фазах единичного цветения и в конце вегетации.

На хранение картофель закладывали после сбора урожая по окончании лечебного периода (14 суток при температуре 13–18 °С) насыпью при оптимальной температуре хранения для картофеля 1–4 °С в течение 4 месяцев.

Определение степени потемнения мякоти клубней картофеля в сыром и вареном виде проводилось визуальным методом. При визуальном определении степени потемнения картофеля были взяты образцы разных вариантов, разрезанные пополам. Одна половинка картофеля была сварена на пару для определения изменения цвета в вареном виде, вторая – оставлена на сутки на свету для определения степени потемнения мякоти в сыром виде. Учет потемнения проводился по следующей шкале, в баллах: 9 баллов – цвет не изменился; 7 баллов – слабое изменение цвета; 5 баллов – среднее окрашивание; 3 балла – сильное окрашивание; 1 балл – очень сильное окрашивание [11].

Активность ферментов (пероксидазы, каталазы, полифенолоксидазы, амилазы) определяли в клубнях до закладки на хранение (по окончании лечебного периода) и по окончании периода хранения.

Определение активности пероксидазы (ПО) проводили ферментативной реакцией окисления пирогаллола пероксидом водорода с образованием окрашенного соединения пурпурогаллина, количество которого оценивали фотокolorиметрически (Фотометр КФК-3) и выражали в единицах оптической плотности раствора пурпурогаллина, образовавшегося под действием пероксидаз в расчете на 1 г растительной массы (далее ед. акт) [12].

Активность полифенолоксидазы (ПФО) на спектрофотометре ПромЭкоЛаб ПЭ-5300В определяли измерением оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении пирокахетина за определенный промежуток времени, и выражали в относительных единицах на 1 г сырой ткани (далее ед. акт) [13].

Определение активности амилаз и каталазы проводили фотокolorиметрически (Фотометр КФК-3) и выражали в мг гидролизованного крахмала на единицу времени в расчете на 1 г растительной массы (мг/ед. акт.) [12, 14].

Опыты проводили в 3 биологических и 3 аналитических повторностях. Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью стандартных методов описательной статистики с использованием программ MS Excel [15]. Дисперсионный анализ цифровых данных полевого опыта осуществляли по Б.А. Доспехову [9], достоверность различий между вариантами определяли, сравнивая их с показателями наименьшей существенной разницы (НСР<sub>0,05</sub>).

**Результаты и их обсуждение.** Определение активности ферментов в клубнях картофеля до закладки на хранение показало (табл. 1), что в клубнях, выращенных при использовании биопрепарата на основе *B. atrophaeus*, активность пероксидазы и каталазы находится прак-

тически на том же уровне, что и в контрольном варианте (табл. 1).

При закладке на хранение для всех образцов картофеля отмечена максимальная активность для полифенолоксидазы (ПФО) (табл. 1), при этом следует отметить повышенные значения в клубнях картофеля в вариантах, где применялась суспензия биопрепарата (ВП2), в сравнении с контролем (670,98 и 533,41 ед. акт. соответственно), практически незначительно уступая по активности ПФО в клубнях, выращенных при использовании коммерческого препарата Витаплан СП (677,25 ед. акт.).

Определение активности амилазы (суммарной, α-амилазы и β-амилазы) показало (табл. 1), что применение биопрепарата на основе *B. Atrophaeus* ВКПМ В-11474 способствует значительному снижению активности данных ферментов в клубнях картофеля при закладке на хранение (в 6,45–7,8 раза), не уступая коммерческому препарату Витапалан СП (в 7,2 раза).

Таблица 1

Ферментативная активность в клубнях картофеля\*, ед. акт.

Вариант опыта	Пероксидаза	Каталаза	Полифенолоксидаза	Амилаза суммарная	α-амилаза	β-амилаза
Контроль	<u>0,02±0,0002</u>	<u>7,6±0,3</u>	<u>533,41±40,94</u>	<u>25,89±1,3</u>	<u>14,51±0,73</u>	<u>11,39±0,57</u>
	1,09±0,01	25±1,25	36,82±1,84	13,19±0,66	8,47±0,2	4,72±0,19
Витаплан, СП	<u>0,17±0,002</u>	<u>7,05±0,31</u>	<u>677,25±74,5</u>	<u>3,55±0,14</u>	<u>2,4±0,07</u>	<u>1,15±0,04</u>
	1,95±0,08	25,4±0,22	21,52±0,076	6,83±0,3	3,57±0,1	3,3±0,1
ВП1	<u>0,07±0,007</u>	<u>8,0±0,32</u>	<u>592,98±65,23</u>	<u>4,01±0,04</u>	<u>2,71±0,1</u>	<u>1,3±0,04</u>
	1,24±0,037	22,45±1,12	32,93±1,55	8,1±0,3	2,86±0,1	5,25±0,16
ВП2	<u>0,03±0,003</u>	<u>8,2±0,32</u>	<u>670,98±74,2</u>	<u>3,3±0,13</u>	<u>2,22±0,02</u>	<u>1,07±0,02</u>
	1,37±0,04	24,6±0,99	42,24±2,53	8,57±0,32	5,56±0,2	3,03±0,12

\* – в числителе – до закладки на хранение; в знаменателе – по окончании хранения.

Учитывая то, что повышение уровней антиоксидантных ферментов каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы в ответ на воздействие стрессовых факторов окружающей среды является ключевым в защитных механизмах картофеля от проявления внешних агрессивных воздействий [16], можно предположить, что в целом применение суспензии биопрепарата на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474 способствует повышению иммунной системы клубней картофеля. Данное предположение подтверждается тем, что в полевом опыте перед уборкой урожая отмечена эффективность биопрепарата на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474 против развития

такого заболевания, как альтернариоз, вызываемого *Alternaria solani* (табл. 2).

Кроме этого, присутствие бациллярных клеток и их экзотоксинов оказывает, вероятно, влияние на формирование химического состава ризосферы и ризопланы картофеля, что выражается в препятствовании всасывания присутствующих в почвах хлорид-ионов, имеющих функции активаторов амилаз. Данное предположение подтверждается тем, что в клубнях картофеля, выращенных с применением *B. Atrophaeus* ВКПМ В-11474, активность суммарной амилазы находится на минимальном уровне (3,3–4,01 ед. акт.) в сравнении с контролем (25,89 ед. акт.).

**Действие биопрепарата на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474 на развитие альтернариоза (*Alternaria solani*) на картофеле сорта Ред Скарлетт**

Вариант	Показатель развития, %		
	Р*	R**	БЭ***
Контроль	100,0	91,4	-
Витаплан, СП (стандарт)	96,9	65,2	28,7
ВП1	99,4	64,9	28,9
ВП2	99,8	67,1	26,6
НСР <sub>0,05</sub>	1,6	4,1	-

\* Р – распространение болезни, \*\* R – развитие болезни, \*\*\* БЭ – биологическая эффективность изучаемого препарата против заболевания.

Оценивая общие изменения работы ферментативных систем, утилизирующих активные формы кислорода (каталаза/пероксидаза), следует отметить, что за время хранения (4 месяца) отмечена некоторая перестройка ферментативных систем. Так, произошла перестройка оксидазных процессов: во всех образцах наблюдается увеличение активности как каталазы, так и пероксидазы, однако в разной степени. При определении активности пероксидазы (ПО) в клубнях картофеля во всех исследуемых вариантах наблюдается повышение активности ПО от 0,02–0,17 ед. акт. (до закладки на хранение) до 1,09–1,95 ед. акт. (по окончании хранения). В целом следует отметить, что активность ПО возросла в минимальной степени в клубнях, выращенных с применением биопрепарата *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474 (17,7–45,7), в сравнении с контролем (в 54,5 раза). Рост активности пероксидазы показывает минимальные значения (в 11,5 раза) в варианте Витаплан СП, немногим больше (в 17,7 раза) в образце картофеля варианта ВП1, что является положительным фактором в формировании качества клубней в части снижения риска развития болезней при хранении.

Для каталазы в клубнях картофеля по окончании хранения также отмечено повышение данного показателя во всех исследуемых вариантах, но это повышение не такое существенное (2,8–3,6) в отличие от повышения активности ПО, что, вероятно, обусловлено тем, что чувствительность каталаз к низкой концентрации пероксида водорода ниже, чем у пероксидаз [16, 17].

Для ПФО по окончании периода хранения отмечается существенное снижение показателей (в 14,5–31,5 раза). Наибольшее снижение активности ПФО показали образцы Витаплан СП и ВП1, где снижение произошло в 31,5 и

18,0 раза соответственно, в варианте ВП2 – в 15,9 раза, что несколько выше, чем в контрольном варианте (в 14,5 раза).

В целом следует отметить, что при рассмотрении изменения активности ферментов в системе «полифенолоксидаза-каталаза-пероксидаза» образцы картофеля варианта ВП2 показали максимальные адаптационные изменения к окислительному стрессу в условиях хранения посредством перестройки ферментативных процессов.

Определение активности амилазы (суммарной,  $\alpha$ -амилазы и  $\beta$ -амилазы) показало (см. табл. 1), что по окончании периода хранения также происходит перестройка ферментативных процессов в клубнях картофеля, сопровождающаяся повышением активности данных ферментов в клубнях, которые выращивались при использовании биопрепаратов (Витаплан СП и на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474), тогда как в контроле активность данных ферментов снижается в среднем в 2 раза.

Следует отметить, что особенности изменения активности  $\beta$ -амилаз в образцах после хранения вполне коррелируют с данными по  $\alpha$ -амилазе, за исключением образца ВП1, в котором активность  $\beta$ -амилазы практически остается на первоначальном уровне.

Несмотря на то что при хранении картофеля, выращенного с применением биопрепарата на основе *B. atrophaeus*, отмечено увеличение активности амилаз в сравнении с контрольным вариантом, активность данной группы ферментов в обработанных биопрепаратами клубнях остается по окончании хранения значительно ниже активности в клубнях контрольного варианта.

В целом данная особенность свидетельствует о том, что применение биопрепарата на основе *B. atrophaeus* при выращивании раннего

картофеля не только оказывает влияние на снижение активности амилаз в свежесобранном урожае картофеля, но и обладает пролонгированным действием.

Одним из основных технологических свойств, влияющих на качество картофеля, является степень потемнения мякоти клубней, влияние на данный показатель оказывают различные факторы, в том числе активность ферментов, содержащихся в картофеле [18–20].

Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют о том, что потемнение мякоти клубней сырого и вареного картофеля, выращенного с применением биопрепарата на основе *B. Atrophaeus*, менее выражено, чем в контрольном варианте, что является важным условием при получении как столовых, так и технических сортов картофеля.

Таблица 3

Степень потемнения мякоти исследуемых образцов картофеля

Вариант	Окраска		Потемнение мякоти сырого картофеля, балл		Потемнение мякоти вареного картофеля, балл	
	кожуры	сырой мякоти	после-уборочный период	по окончании хранения	после-уборочный период	по окончании хранения
Контроль	Красный	Светло-желтый	5	3	7	6
Витаплан, СП (контроль)			7	6	7	7
ВП1			8	7	8	8
ВП2			8	7	8	8

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что применение биопрепарата на основе *B. atrophaeus* не оказывает негативного влияния на формирование ферментативных активностей, происходящих в клубнях картофеля как при выращивании, так и при хранении, а также на степень потемнения мякоти клубней картофеля. Преимуществом биопрепарата на основе *B. atrophaeus* является способность снижения активности амилаз как в свежесобранном урожае картофеля, так и при хранении, что оказывает пролонгированное действие, снижая вероятность накопления в клубнях редуцирующих сахаров и холодового осахаривания.

Установлено, что степень потемнения опытных образцов с применением биопрепарата менее выражена, чем в контрольном варианте.

Результаты исследований позволяют рекомендовать применение биопрепарата на основе *B. atrophaeus* ВКПМ В-11474 для биологической защиты ранних сортов продовольственного картофеля от альтернариоза.

**Список источников**

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации. Указ Президента РФ от 21 января 2020 г.

№ 20. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343386](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386).

2. О стратегии национальной безопасности в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 400. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271).

3. Рубанов Н.И., Фомин А.А. Рынок биопродуктов в растениеводстве // Московский экономический журнал. 2018. № 3. С. 2. EDN YHKJYD.

4. Федоренко В.Ф., Мишулов Н.П., Коноваленко Л.Ю. Современные технологии производства пестицидов и агрохимикатов биологического происхождения. М.: Росинформротех, 2018. 124 с. EDN XHPNML.

5. Кипрушкина Е.И., Колодязная В.С. Экспериментальное обоснование биотехнологических основ хранения растительного сырья // Доклады РАСХН. 2003. № 3. С. 47–49.

6. Кипрушкина Е.И., Колодязная В.С. Динамика содержания фенольных соединений при хранении клубней картофеля, обработанных биопрепаратами // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. «Процессы и аппараты пищевых производств». 2013. № 2. С. 8–9.

7. Горшков В.В., Савина О.В. Влияние осенней обработки препаратом «Биопаг» на пищевую ценность и технологические свойства клубней картофеля при длительном

- хранении // Вестник РГАТУ. 2016. № 1 (29). С. 18–22.
8. *Bacillus*: A Biological Tool for Crop Improvement through Bio-Molecular Changes in Adverse Environments / R. Ramalingam [et al.] // *Front Physiol.* 2017; 8: 667. Published online 2017 Sep 6. DOI: 10.3389/fphys.2017.00667.
  9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
  10. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.
  11. Агросборник.Ру. <https://agrosbornik.ru> 2011–2017. <https://agrosbornik.ru/drygoe/377-2011-10-27-17-37-19.html>
  12. Новиков Н.Н., Таразанова Т.В. Лабораторный практикум по биохимии растений: учеб. пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2012. 97 с.
  13. Физиологические и биохимические методы анализа растений: практикум / авт.-сост. Г.Н. Чулахина; Калинингр. ун-т. Калининград, 2000. 59 с.
  14. Пат. РФ 2027171. Способ определения активности каталазы в биологических объектах / Шиманов В.Г., Мукимов Т.Х., Кучинский С.Ю., Асплидинов С.Д., Халиков Р.А.; патентообладатель Узбекский НИИ каракулеводства. № 5000829/25; заявл. 05.07.1991; опубл. 20.01.1995
  15. Лялин В.С., Зверева И.Г., Никифорова Н.Г. Статистика: теория и практика в Excel: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2010. 448 с.
  16. Киргизова И.В., Гаджимурадова А.М., Омаров Р.Т. Особенности накопления антиоксидантных ферментов у растений картофеля в условиях биотического и абиотического стрессов // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология.* 2018. Т. 8, № 4. С. 42–54. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-4-42-54.
  17. Влияние обработки клубнеплодов биопрепаратами на интенсивность дыхания и активность оксидаз при их хранении / В.С. Колодязная [и др.] // *Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. «Процессы и аппараты пищевых производств».* 2015. № 3. С. 64–70.
  18. Болиева З.А., Басиев С.С., Козаева Д.П. Оценка потемнения мякоти сырого и вареного клубня картофеля гибридов селекции ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» // *Известия Горского государственного аграрного университета.* 2016. Т. 53, № 2. С. 27–31. EDN WCFZKZ.
  19. Вершинина Ю.А., Аношкина Л.С. Исходный материал для селекции картофеля на пригодность к промышленной переработке на хрустящий картофель, крахмал и спирт // *Достижения науки и техники АПК.* 2009. № 9. С. 15–17. EDN MEGJRB.
  20. Гордеева А.В., Удалова Е.Ю. Оценка кулинарных качеств гибридов картофеля по признаку потемнения мякоти сырых и вареных клубней // *Вестник Марийского государственного университета. Сер. «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки».* 2017. Т. 3, № 3 (11). С. 7–12. EDN ZSIUUX.

### References

1. Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii: Ukaz Prezidenta RF ot 21 yanvarya 2020 g. № 20. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343386](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386).
2. O strategii nacional'noj bezopasnosti v Rossijskoj Federacii: Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 02.07.2021 g. № 400. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271).
3. Rubanov N.I., Fomin A.A. Rynok bioproduktov v rastenievodstve // *Moskovskij `ekonomicheskij zhurnal.* 2018. № 3. S. 2. EDN YHKJYD.
4. Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Konovalenko L.Yu. Sovremennye tehnologii proizvodstva pesticidov i agrohimikatov biologicheskogo proishozhdeniya. M.: Rosinformagroteh, 2018. 124 s. EDN XXPNNML.
5. Kiprushkina E.I., Kolodyaznaya V.S. `Eksperimental'noe obosnovanie biotehnologicheskikh osnov hraneniya rastitel'nogo syr'ya // *Doklady RASHN.* 2003. № 3. S. 47–49.
6. Kiprushkina E.I., Kolodyaznaya V.S. Dinamika soderzhaniya fenol'nyh soedinenij pri hranenii klubnej kartofelya, obrabotannyh biopreparatami // *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Ser. «Processy i apparaty pischevyh proizvodstv».* 2013. № 2. S. 8–9.
7. Gorshkov V.V., Savina O.V. Vliyanie osennej obrabotki preparatom «Bipag» na pischevuyu cennost' i tehnologicheskie svojstva klubnej kartofelya pri dlitel'nom hranenii // *Vestnik RGATU.* 2016. № 1 (29). S. 18–22.

8. *Bacillus*: A Biological Tool for Crop Improvement through Bio-Molecular Changes in Adverse Environments / R. Ramalingam [et al.] // Front Physiol. 2017; 8: 667. Published online 2017 Sep 6. DOI: 10.3389/fphys.2017.00667.
9. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
10. *Dolzhenko V.I.* Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam fungicidov v sel'skom hozyajstve. SPb.: VIZR, 2009. 378 s.
11. Agrosbornik.Ru. <https://agrosbornik.ru> 2011-2017. <https://agrosbornik.ru/drygoe/377-2011-10-27-17-37-19.html>
12. *Novikov N.N., Tarazanova T.V.* Laboratornyj praktikum po biohimii rastenij: ucheb. posobie. M.: Izd-vo RGAU-MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2012. 97 s.
13. Fiziologicheskie i biohimicheskie metody analiza rastenij: praktikum / avt.-sost. G.N. Chupahina; Kaliningr. un-t. Kaliningrad, 2000. 59 s.
14. Pat. RF 2027171. Sposob opredeleniya aktivnosti katalazy v biologicheskikh ob'ektah / *Shimanov V.G., Mukimov T.H., Kuchinskij S.Yu., Aslidinov S.D., Halikov R.A.*; patentoobladatel' Uzbekskij NII karakulevodstva. № 5000829/25; zayavl. 05.07.1991; opubl. 20.01.1995
15. *Lyalin V.S., Zvereva I.G., Nikiforova N.G.* Statistika: teoriya i praktika v Excel: ucheb. posobie. M.: Finansy i statistika, 2010. 448 s.
16. *Kirgizova I.V., Gadzhimuradova A.M., Omarov R.T.* Osobennosti nakopleniya antioksidantnyh fermentov u rastenij kartofelya v usloviyah bioticheskogo i abioticheskogo stressov // Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2018. T. 8, № 4. S. 42–54. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-4-42-54.
17. Vliyanie obrabotki klubneplodov biopreparatami na intensivnost' dyhaniya i aktivnost' oksidaz pri ih hranenii / V.S. Kolodyaznaya [i dr.] // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Ser. «Processy i apparaty pischevyh proizvodstv». 2015. № 3. S. 64–70.
18. *Bolieva Z.A., Basiev S.S., Kozaeva D.P.* Ocenka potemneniya myakoti syrogo i vareno go klubnya kartofelya gibridov selekcii FGBOU VO «Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. T. 53, № 2. S. 27–31. EDN WCFZKZ.
19. *Vershinina Yu.A., Anoshkina L.S.* Ishodnyj material dlya selekcii kartofelya na prigodnost' k promyshlennoj pererabotke na hrustyaschij kartofel', krahmal i spirt // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2009. № 9. S. 15–17. EDN MEGJRB.
20. *Gordeeva A.V., Udalova E.Yu.* Ocenka kul'narnykh kachestv gibridov kartofelya po priznaku potemneniya myakoti syryh i varenyh klubnej // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. «Sel'skohozyajstvennye nauki. `Ekonomicheskie nauki». 2017. T. 3, № 3 (11). S. 7–12. EDN ZSIUUX.

Статья принята к публикации 22.08.2023 / The article accepted for publication 22.08.2023.

Информация об авторах:

**Ольга Борисовна Сопрунова**<sup>1</sup>, заведующий кафедрой прикладной биологии и микробиологии, доктор биологических наук, профессор

**Вера Евгеньевна Сопрунова**<sup>2</sup>, старший преподаватель кафедры технологии товаров и товароведения

**Ольга Игорьевна Жукова**<sup>3</sup>, доцент кафедры прикладной биологии и микробиологии, кандидат биологических наук

Information about the authors:

**Olga Borisovna Soprunova**<sup>1</sup>, Head of the Department of Applied Biology and Microbiology, Doctor of Biological Sciences, Professor

**Vera Evgenievna Soprunova**<sup>2</sup>, Senior Lecturer at the Department of Product Technology and Commodity Science

**Olga Igorevna Zhukova**<sup>3</sup>, Associate Professor at the Department of Applied Biology and Microbiology, Candidate of Biological Sciences