

УДК:635.21:631.531.02:33

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРОПРОТЕКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙ КАРТОФЕЛЯ

А. И. УСКОВ, Л. Б. УСКОВА

ФГБНУ ВНИИКХ имени А.Г. Лорха,
п.г.т. Красково, Россия, 140051, e-mail: KORENEVO2000@MAIL.RU

Е. Н. ЗАКАБУНИНА, А. В. ГОНЧАРОВ

ФГБОУ ВО ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет»
г. Балашиха, Россия, 143900 e-mail: tikva2008@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.01.2019)

Сорта картофеля, размножаемые вегетативно, с течением времени вырождаются из-за поражения фитопатогенами, а также физиологически стареют под воздействием неблагоприятных условий внешней среды. Многие исследователи связывают процессы физиологического старения организмов с повышенным содержанием в клетках активных форм кислорода (АФК), таких как перекись водорода, супероксидный анион-радикал ($O_2^{\cdot-}$), гидроксильный радикал (OH^{\cdot}) и синглетный кислород (1O_2), образующиеся в процессе аэробного клеточного метаболизма. Для регуляции внутриклеточного баланса АФК и нейтрализации окислительных стрессов, вызывающих физиологическое старение, перспективно использование препаратов антиоксидантов, выполняющих в данном случае функцию геропротекторов. В НИИ ФХБ им. А. Н. Белозерского (МГУ) были синтезированы специфические митохондриально-ориентированные антиоксиданты, названные «ионами Скулачева» (SkQ) и состоящие из проникающего катиона трифенилдецилфосфония и производных пластохинона хлоропластов. Исследования по изучению длительного применения препаратов SkQ на культуре картофеля проводили на опытном поле ФГБНУ ВНИИКХ (Московская область). При длительном применении ионов Скулачева на посадках сорта Жуковский ранний наблюдали более раннее появление всходов (на 26 %), растения больше образовывали бутонов (на 11,8 %), цветков (на 33,9 %), завязывали ягод (на 27,3 %). Применение геропротекторов в течение 10 лет в наложении позволило получить достоверную прибавку урожая по сорту Жуковский ранний на уровне 33,2 %, которая обеспечивалась за счет прироста количества клубней крупной фракции – более 60 мм.

Ключевые слова: картофель, физиологическое старение, геропротекторы, ионы Скулачева.

Potato varieties, propagated vegetatively, degenerate over time due to phytopathogens, and also physiologically age under the influence of adverse environmental conditions. Many researchers associate the processes of physiological aging of organisms with a high content of reactive oxygen forms (ROS) in cells, such as hydrogen peroxide, superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$), hydroxyl radical (OH^{\cdot}) and singlet oxygen (1O_2) formed in the process of aerobic cell metabolism. To regulate the intracellular balance of ROS and neutralize oxidative stress, causing physiological aging, it is promising to use antioxidant preparations that perform the function of geroprotectors in this case. In the Institute of Physical-Chemical Biology named after A. N. Belozersky (Moscow State University), they synthesized specific mitochondria-oriented antioxidants, called "Skulachev ions" (SkQ) and consisting of a penetrating triphenyldecylphosphonium cation and derivatives of chloroplast plastoquinone. Studies on the long-term use of SkQ preparations in potato culture were carried out on the experimental field of the Lorch Potato Research Institute (Moscow Region). With prolonged use of Skulachev's ions on the plantings of the Zhukovsky early variety, an earlier emergence of shoots was observed (by 26%), plants formed more buds (by 11.8%), flowers (by 33.9%), formed more berries (by 27.3%). The use of geroprotectors for 10 years in the overlay allowed us to obtain a reliable yield increase for the Zhukovsky Early variety at the level of 33.2%, which was ensured by increasing the number of tubers of a large fraction — more than 60 mm.

Key words: potato, physiological aging, geroprotectors, Skulachev ions.

Введение

Среди возделываемых сельскохозяйственных культур картофель занимает одно из ведущих мест. Картофель является хорошим предшественником для зерновых и зернобобовых культур. После его возделывания поля остаются чистыми от сорняков. Картофель обладает пластичностью и экологической стабильностью. Его широко возделывают по всему миру. Площадь занятая под культурой в мире около 18 млн га валовое производство составляет 265 млн т и урожайность 14,6 т/га. Площадь под картофелем в России составляет около 3,3 млн га.

Картофель размножают вегетативно (клубнями, ростками, черенками) и семенами. В сельскохозяйственной практике используют в основном вегетативное размножение – клубнями. Другие способы размножения применяют в селекционной работе для создания новых сортов.

Сорта картофеля, размножаемые вегетативно, с течением времени вырождаются из-за поражения фитопатогенами, а также под воздействием неблагоприятных условий внешней среды физиологически стареют. В результате этих процессов у культуры ухудшается рост и развитие растений, увеличивается степень распространения болезней, поражающих картофель, что приводит к снижению урожая культуры и ухудшению их качественных показателей.

Ряд исследователей связывают процессы физиологического старения организмов с повышенным содержанием в клетках активных форм кислорода (АФК), таких как перекись водорода, супероксидный анион-радикал ($O_2^{\cdot-}$), гидроксильный радикал (OH^{\cdot}) и синглетный кислород (1O_2), образующиеся в процессе аэробного клеточного метаболизма [1]. Будучи высоко реакционноспособными, АФК могут реагировать со всеми макромолекулами (липидами, нуклеиновыми кислотами, белками, полисахаридами), вызывая их повреждения.

Для регуляции внутриклеточного баланса АФК и нейтрализации окислительных стрессов, вызывающих физиологическое старение, перспективным является использование препаратов антиоксидантов, выполняющих в данном случае функцию геропротекторов. В научно-исследовательском институте физико-химической биологии им. А. Н. Белозерского (МГУ) были синтезированы специфические митохондриально-ориентированные антиоксиданты, названные «ионами Скулачева» (SkQ) и состоящие из проникающего катиона трифенилдецилфосфония и производных пластохинона хлоропластов. Исследования показали, что ионы Скулачева обладают высокой проникающей способностью и возможностью к многократному действию, поскольку молекулы SkQ легко восстанавливаются комплексами I и II дыхательной цепи [2].

В предварительных исследованиях, проведенных на культуре картофеля, при использовании различных форм ионов Скулачева были выявлены особенности роста и развития растений картофеля, определены оптимальные концентрации, сроки и способы применения препаратов, позволяющие достоверно повышать урожай, как при прямом действии, так и в последствии [3, 4, 5, 6]. В настоящее время актуальными являются исследования по изучению длительного применения с ежегодным наложением наиболее эффективного для картофеля препарата из группы ионов Скулачева - SkQ1 (10-(6'-пластохинонил) децилтрифенилфосфоний).

Основная часть

Полевые опыты по изучению длительного применения препарата SkQ1 при выращивании различных полевых поколений семенного картофеля проводили на опытном поле ФГБНУ ВНИИКХ (Московская область) на дерново-подзолистой супесчаной по механическому составу почве с агрохимическими показателями участка: pH_{KCl} – 4,5; гумус – 1,8 %; P_2O_5 – 220; K_2O – 180 мг/100 г почвы.

Схема опыта включала два варианта:

1. Контроль (без SkQ1);
2. SkQ1– (предпосадочная обработка клубней + опрыскивание посадок).

Обработку клубней проводили за сутки до посадки водным раствором препарата в концентрации 25 нМ. Для опрыскивания посадок в фазу бутонизации–начала цветения использовали водный раствор препарата в концентрации 2,5 нМ.

Закладку опыта в 2017 г. проводили с использованием семенного материала сортов Жуковский ранний и Крепыш, репродуцированного на опытном поле ВНИИКХ (п. Коренево) в течение 9 предыдущих лет без обработок и при ежегодных обработках ионами Скулачева. Повторность опыта четырехкратная, по 25 клубней в повторности.

Полевые исследования и математическую обработку результатов опытов проводили в соответствии с методиками исследований по культуре картофеля [7] и с использованием дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [8].

В ходе проводимых исследований в 2017 г. было выявлено, что при длительном применении в наложении препаратов ионов Скулачева (в течение 9 лет) клубни медленнее выходят из периода покоя по сравнению с клубневым материалом, репродуцируемым в полевых условиях без обработок геропротекторами.

Наиболее отчетливо данные различия проявлялись на материале сорта Крепыш, склонного к раннему прорастанию при стандартных температурах хранения. К моменту посадки величины средней массы ростков в расчете на клубень и средней массы одного ростка сорта Крепыш были соответственно в 2,8 и 3,1 раза выше в контроле, по сравнению с вариантом с ежегодными обработками препаратом SkQ1. Одновременно различия между вариантами по количеству ростков в расчете на клубень были в пределах ошибки опыта (табл. 1).

Таблица 1. Количество и масса ростков в расчете на клубень 16 мая 2017 г.

Вариант	Количество ростков, шт. n±2б	Масса ростков, г n±2б	Средняя масса одного ростка, мг
Жуковский ранний			
Контроль	2,67±0,46	0,05±0,03	17
SkQ1	2,33±1,16	0,05±0,03	20
Крепыш			
Контроль	5,03±0,21	0,58±0,05	115
SkQ1	5,75±1,00	0,21±0,17	37

В результате проведенных в 2017 г. фенологических наблюдений выявлены особенности развития растений картофеля при длительном применении ионов Скулачева, обладающих геропротекторными свойствами. В ходе исследований установлено, что наиболее выражено различия между вариантами проявлялись при культивировании сорта Жуковский ранний, который обладал коротким периодом вегетации (табл. 2).

На дату учета 08.06.2017 г. из общего количества высаженных клубней сорта Жуковский ранний в контроле количество всходов составило 12, в варианте с применением ионов Скулачева – 34 шт. У сорта Крепыш данный показатель составил 91 и 88 шт. соответственно.

Так, при регулярных обработках материала данного сорта препаратом SkQ1 наблюдалось более раннее появление всходов (на дату 08.06.2017 г. – 34 % от посаженных клубней против 12 % на контроле). В дальнейшем при обработках ионами Скулачева у растений сорта Жуковский ранний больше образовывалось бутонов (на 11,8 %), цветков (на 33,9 %) и завязывалось ягод (на 27,3 %).

Таблица 2. Результаты фенологических наблюдений, 2017 г.

Вариант	Высажено клубней, шт.	Всходы, шт.		Бутонизация, шт.	Цветение, шт.	Ягодообразование, шт.	Отмирание ботвы (≥ 50%), шт. на 15.08.17
		на 08.06.17	всего				
Жуковский ранний							
Контроль	100	12	94	85	56	11	36
SkQ1	100	34	99	95	75	14	29
Крепыш							
Контроль	100	91	100	100	97	68	29
SkQ1	100	88	99	98	82	69	29

В контрольном варианте опыта (без обработок геропротекторами) наблюдалось более раннее начало отмирания вегетативной массы. На дату учета 15.08.2017 г. отмирание более 50 % ботвы отмечено у 38,3 % взшедших растений (сорт Жуковский ранний) против 29,3 % растений в варианте с обработками ионами Скулачева.

Данные о величине и структуре урожая в полевом опыте 2017 г. представлены в табл. 3. Урожайность сорта Жуковский ранний составила 26,1 т/га, в контрольном варианте – 9,36 т/га. У сорта Крепыш данный показатель составил 27,6 т/га и 28,9 т/га соответственно. Продуктивность растений с применением ионов Скулачева составила от 783 г/куста у сорта Жуковский ранний до 828 г/куста у сорта Крепыш. В структуре урожая наибольшее количество клубней относилось к фракциям размером ≥60 мм и 30–60 мм.

Как показали исследования, применение геропротекторов в течение 10 лет в наложении позволило получить достоверную прибавку урожая у сорта Жуковский ранний на уровне 33,2 % при росте продуктивности растений 22,3 %.

Таблица 3. Величина и структура урожая клубней картофеля при длительном применении в наложении (10 лет) ионов Скулачева, 2017 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Продуктивность, г/куст	Количество клубней, шт./куст			
			≥60 мм	30–60 мм	≤30 мм	всего
Жуковский ранний						
Контроль	19,6±0,5	640±33	2,7	3,6	1,9	8,2
SkQ1	26,1±0,7	783±41	3,5	3,2	2,1	8,8
Крепыш						
Контроль	28,9±2,5	866±152	4,3	3,3	1,8	9,4
SkQ1	27,6±2,1	828±127	4,1	3,5	2,4	10,0

Получение прибавки урожая обеспечивалось за счет прироста количества клубней крупной фракции – более 60 мм.

Для сорта Крепыш вследствие значительного варьирования данных по повторениям квадратичные отклонения от средних величин имели высокие значения, что не позволило получить статистически достоверные данные о прибавке урожая.

Заключение

Многолетними исследованиями установлено, что применение ионов Скулачева в качестве геропротекторов препятствует проявлению признаков физиологического старения культуры картофеля, связанных с сокращением периода покоя и началом прорастания клубней, и более ранними сроками отмирания вегетативной массы.

Одновременно длительное использование геропротекторов способствует сохранению высокого физиологического статуса материала, проявляющегося в интенсификации роста и развития растений картофеля, а также увеличению продолжительности вегетационного периода.

В результате применения геропротекторов отмечено статистически достоверное увеличение продуктивности растений картофеля сорта Жуковский ранний на 22,3 % и получению достоверной прибавки урожая данного сорта на уровне 33,2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Harman, D. Aging: Minimizing free radical damage. // J. Anti-Aging Medicine, 1999. – v. 2. – P. 15–36.
2. Скулачев, В. П.