

Перспективы применения 1-метилциклопропена в технологии хранения «чипсового» картофеля

Prospects for the use of 1-methylcyclopropene in the storage technology of chip potatoes

Мальцев С.В., Зейрук В.Н., Андрианов С.В., Шишкова С.Г., Тимошина Н.А.

Mal'tsev S.V., Zeiruk V.N., Andrianov S.V., Shishkova S.G., Timoshina N.A.

Аннотация

Abstract

Цель исследований – определить влияние отдельной (без этилена) обработки клубней газообразным 1-метилциклопропеном (1-МЦП) на лежкость, биохимические показатели и пригодность картофеля к переработке, выявить сортовую реакцию на это действующее вещество (при ее наличии), а также оценить воздействие 1-МЦП на урожайность семенного картофеля. Исследования проводили в 2021–2023 годах на экспериментальной базе «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, г.о. Люберцы). Исследования включали проведение двух двухфакторных лабораторных опытов – первый на продовольственном картофеле с температурой хранения 5–6 °С, второй – на картофеле, предназначенном для переработки на обжаренные картофелепродукты (фри и хрустящий картофель) с температурой хранения 8–9 °С. Установлено, что осенняя обработка картофеля 1-метилциклопропеном в дозе 1 мл/м³ не оказала существенного влияния на лежкость клубней. Разница на 0,3–0,6% по сравнению с контролем не превышала НСР₀₅. В вариантах обработки отмечена тенденция к уменьшению содержания редуцирующих сахаров на 0,1–0,3% при 5–6 °С и на 0,1–0,2% при 8–9 °С, что способствовало улучшению качества обжаренных картофелепродуктов по показателю цвета на 0,5–1,0 балла. Данная закономерность отмечена на обоих изученных сортах, но наиболее отчетливо проявилась на сорте Гранд. Обработка семенного картофеля 1-МЦП негативного влияния на рост и развитие растений картофеля не оказала. Разница в высоте растений 0,1–0,3 см по вариантам не превышала НСР₀₅. Урожайность сортов Вымпел и Гранд в последствии обработки 1-МЦП составила 23,8 т/га и 18,9 т/га, что существенно не отличалось от показателей на контроле. Таким образом, можно сделать вывод о безопасности и перспективности применения 1-МЦП в картофелехранилищах при хранении «чипсового» картофеля по схеме: однократная обработка 1-МЦП с осени + последующая газация фитогормоном этиленом. Дальнейшие исследования должны быть направлены на установление оптимальных доз этилена, обеспечивающих максимальное ингибирование прорастания клубней при такой комбинированной обработке.

The purpose of the research is to determine the effect of a separate (without ethylene) treatment of tubers of gaseous 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the keeping quality, biochemical parameters and suitability of potatoes for processing, to identify a varietal reaction to this active substance (if any), and also to evaluate the effect of 1-MCP on the yield of seed potatoes. The research was carried out in 2021–2023 at the experimental base «Korenevo» Russian Potato Research Centre (Moscow region, Lyubertsy). The research included two two-factor laboratory experiments – the first on food potatoes with a storage temperature of 5–6 °C, the second on potatoes intended for processing into fried potato products (fries and crispy potatoes) with a storage temperature of 8–9 °C. It was found that the autumn treatment of potatoes with 1-methylcyclopropene at a dose of 1 ml/m³ did not significantly affect the keeping quality of tubers. The difference by 0.3–0.6% compared to the control did not exceed least-significant difference (05). In the processing variants, there was a tendency to decrease the content of reducing sugars by 0.1–0.3% at 5–6 °C and by 0.1–0.2% at 8–9 °C, which contributed to improving the quality of fried potato products in terms of color by 0.5–1.0 points. This pattern was noted on both studied varieties, but it was most clearly manifested on the Grand variety. The treatment of seed potatoes with 1-MCP did not have a negative impact on the growth and development of potato plants. The difference in plant height of 0.1–0.3 cm in the variants did not exceed least-significant difference (05). The yield of the Pennant and Grand varieties in the aftereffect of the 1-MCP treatment was 23.8 t/ha and 18.9 t/ha, which did not differ significantly from the indicators at the control. Thus, we can conclude about the safety and prospects of using 1-MCP in potato storages when storing chip potatoes according to the scheme: single treatment of 1-MCP from autumn + subsequent gassing with phytohormone ethylene. Further studies should be aimed at establishing optimal ethylene doses that ensure maximum inhibition of tuber germination with such a combined treatment.

Key words: potatoes, 1-methylcyclopropene, store ability, biochemical parameters, yield.

Ключевые слова: картофель, 1-метилциклопропен, лежкость, биохимические показатели, урожайность.

For citing: Prospects for the use of 1-methylcyclopropene in the storage technology of chip potatoes / S.V. Mal'tsev, V.N. Zeiruk, S.V. Andrianov, S.G. Shishkova, N.A. Timoshina. Potato and vegetables. 2023. No8. Pp. 27-30. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.32.36.001> (In Russ.).

Для цитирования: Перспективы применения 1-метилциклопропена в технологии хранения «чипсового» картофеля / С.В. Мальцев, В.Н. Зейрук, С.В. Андрианов, С.Г. Шишкова, Н.А. Тимошина // Картофель и овощи. 2023. № 8. С. 27-30. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.32.36.001>

Технология длительного хранения «чипсового» картофеля включает использование ингибиторов прорастания [1]. С учетом экологических требований, в настоящее время перспективен фитогормон этилен (C₂H₄) [2, 3]. Однако применительно к картофелю, предназначенному для промпер-

работки, использование этилена час-то сопряжено с этилен-индуцированным накоплением редуцирующих сахаров [4, 5].

Для решения этой проблемы перед газацией клубней этиленом перспективной представляется их обработка газообразным 1-метилцик-

лопропеном (1-МЦП) [6]. Механизм действия 1-МЦП сводится к образованию на порядок более прочных связей с этиленовыми рецепторами и блокировании тем самым физиологического эффекта этилена.

Предполагается, что при осенней обработке картофеля 1-МЦП

с последующим хранением в среде фитогормона этилена «мишенью» для этилена будут не ткани самих клубней, а только их ростки, поэтому этилен-индуцированного увеличения содержания редуцирующих сахаров в клубнях происходит не должно.

Цель исследований – определить влияние отдельной (без этилена) обработки клубней 1-МЦП на лежкость, биохимические показатели и пригодность картофеля к переработке, выявить сортовую реакцию на это действующее вещество (при ее наличии), а также оценить воздействие 1-МЦП на урожайность семенного картофеля.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2021–2023 годах на экспериментальной базе «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, г.о. Люберцы). Лабораторные опыты при различных температурах хранения картофеля проводили с использованием холодильных камер КХН-6,61.

Семенной картофель высаживали на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: $pH_{KCl} = 5,1-5,3$; $N_r = 2,2-2,4$ мг-экв/100 г почвы; $S = 1,9-2,1$ мг-экв/100 г почвы; $V = 47,5\%$; сумма $N-NO_3$ и $N-NH_4-35,3$ мг/кг почвы; P_2O_5-310 мг/кг почвы; $K_2O - 106$ мг/кг почвы; гумус – 1,7–1,9%. Фон минерального питания – $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Исследования проводили на новых среднеспелых сортах картофеля отечественной селекции – Гранд и Вымпел. Они отличаются не только высокими столовыми качествами (хороший вкус, устой-

чивость мякоти к потемнению), но и в значительной степени пригодны к переработке на обжаренные картофелепродукты.

Высадка – в нарезанные гребни в первой декаде мая, уборка – в первой декаде сентября. Уход за растениями включал две дождевые и две послеуборочные междурядные обработки, а также использование гербицидов (Зенкор, Титус), фунгицидов (Метаксил, Дитан) и инсектицидов (Регент).

Метеорологические условия в годы проведения исследований были недостаточно благоприятными для роста и развития растений. В 2021 году отмечался недостаток влаги в середине, а в 2022 году – в начале и в конце вегетационного периода.

Исследования включали два двухфакторных лабораторных опыта: первый на продовольственном картофеле с температурой хранения 5–6 °С, второй – на картофеле, предназначенном для переработки на обжаренные картофелепродукты (фри и хрустящий картофель) с температурой хранения 8–9 °С. Схема опытов при соответствующих температурах хранения:

Фактор А – среднеспелые сорта картофеля. Варианты: 1) Гранд, 2) Вымпел;

Фактор Б – обработка клубней 1-метилциклопропеном. Варианты: 1) контроль (без обработки); 2) газация в октябре в дозе 1,0 мл/м³ в течение 24 ч;

Кроме этого был заложен полевой опыт по изучению влияния газации семенных клубней 1-МЦП на урожайность картофеля в последствии. Схема опыта:

Фактор А – среднеспелые сорта картофеля. Варианты: 1) Гранд, 2) Вымпел;

Фактор Б – обработка семенных клубней 1-метилциклопропеном. Варианты: 1) контроль (без обработки); 2) газация в октябре в дозе 1,0 мл/м³ в течение 24 ч.

Площадь опыта 0,015 га. Посадка в трехкратной повторности. Количество учетных делянок – 12 (2×2×3), площадь каждой делянки – 12,5 м².

Определения и учеты проводили по общепринятым ГОСТ (29270–95, 26832–86) и методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению [7]. Газацию картофеля препаратом 1-МЦП проводили в октябре месяце по технологии фирмы «Фитомаг» (Россия). Для определения потерь картофеля при хранении с сентября по май месяц включительно клубни закладывали в сетки (по 5 кг) в пятикратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов выполняли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [8].

Результаты исследований

В среднем за два года общие потери при длительном хранении сорта Вымпел при температуре 5–6 °С как в варианте обработки клубней 1-МЦП, так и на контроле составили 12,2%. Незначительно они отличались и по структурным составляющим – по убыли массы, техническому отходу, абсолютной гнили и росткам (табл. 1).

По сорту Гранд при 5–6 °С общие потери в варианте применения 1-МЦП были на 0,4% ниже (главным образом за счет снижения величины естественной убыли массы и техни-

Таблица 1. Потери картофеля в зависимости от сорта, температуры хранения и обработки клубней 1-метилциклопропеном за 9 месяцев, в среднем за 2021–2022 и 2022–2023 сезоны хранения

Сорт	Вариант обработки	Потери, %				
		всего	убыль массы	технический отход	абсолютная гниль	ростки
При температуре хранения 5–6 °С						
Вымпел	Без обработки	12,2	8,6	1,7	0,3	1,6
	1-МЦП	12,2	8,7	1,5	0,4	1,6
Гранд	Без обработки	10,6	8,3	1,5	0,3	0,5
	1-МЦП	10,2	8,1	1,3	0,2	0,6
При температуре хранения 8–9 °С						
Вымпел	Без обработки	34,0	16,4	6,6	2,8	8,2
	1-МЦП	33,7	16,2	6,7	2,8	8,0
Гранд	Без обработки	32,7	14,3	7,4	3,3	7,7
	1-МЦП	32,1	14,0	7,5	3,4	7,2

Таблица 2. Биохимические показатели клубней в зависимости от сорта, температуры хранения и обработки клубней 1-метилциклопропеном, в среднем за 2021–2022 и 2022–2023 сезоны хранения (срок определения – март)

Сорт	Вариант обработки	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Редуц. сахара, %	Нитраты, мг/кг	Витамин С, мг%	Белок, %
при температуре хранения 5–6 °С							
Вымпел	Без обработки	22,3	16,6	1,3	60,0	9,0	1,3
	1-МЦП	22,3	16,6	1,0	58,0	9,0	1,2
Гранд	Без обработки	23,5	17,7	1,2	43,0	11,1	1,7
	1-МЦП	23,1	17,4	0,9	43,8	11,0	1,8
НСР ₀₅ сорт		0,3	0,3	0,1	10,0	1,5	0,3
НСР ₀₅ вариант обработки		0,4	0,4	0,2	12,0	1,6	0,4
при температуре хранения 8–9 °С							
Вымпел	Без обработки	22,2	16,6	0,8	57,0	8,8	1,3
	1-МЦП	22,3	16,6	0,7	56,0	8,3	1,3
Гранд	Без обработки	23,5	17,5	0,7	41,0	10,5	1,8
	1-МЦП	23,1	17,4	0,5	41,5	10,1	1,6
НСР ₀₅ сорт		0,3	0,3	0,1	15,0	1,6	0,3
НСР ₀₅ вариант обработки		0,4	0,4	0,2	15,0	1,7	0,4

ческого отхода), однако эта разница по вариантам обработки не превышала НСР₀₅, составлявшей в 2021 году – 0,6%, а в 2022 году – 0,7%.

Аналогичная ситуация складывалась и при температуре хранения 8–9 °С. Общие потери по сорту Вымпел в варианте применения 1-МЦП были ниже на 0,3%, а по сорту Гранд на 0,6%. Тем не менее, с учетом НСР₀₅, составлявшей в 2021 году при 8–9 °С хранения для вариантов обработки – 0,9%, а в 2022 году – 1,0%, выявленная разность оказалась несущественной.

Таким образом, установлено, что обработка клубней 1-МЦП не оказала существенного влияния на лежкость как продовольственного (при 5–6 °С), так и предназначенного для переработки картофеля (при 8–9 °С).

При изучении биохимических показателей клубней в весенний срок определения (март) установлено, что они в большей степени зависели от сорта и температуры хранения. Вариант обработки клубней 1-МЦП по показателям содержания сухого

вещества, крахмала, нитратов, витамина С и белка существенно от контрольного не отличался (**табл. 2**).

При этом в варианте применения 1-МЦП отмечена тенденция к снижению содержания редуцирующих сахаров в клубнях, наиболее отчетливо проявившаяся при температуре хранения 5–6 °С. Разница с контрольным вариантом по обоим изученным сортам составила 0,3% при НСР₀₅ за годы исследований на уровне 0,2%. Это может быть обусловлено блокированием 1-метилциклопропеном эндогенного этилена, синтезирующегося в клубнях при длительном хранении.

При более высокой температуре хранения (8–9 °С) с учетом в целом более низкого уровня редуцирующих сахаров, чем при 5–6 °С, разница между контрольным вариантом и вариантом с обработкой 1-МЦП была не столь значительной – только 0,1% по сорту Вымпел и 0,2% по сорту Гранд при НСР₀₅ на уровне 0,2%.

Как следствие более низкого на 0,1–0,2% содержания редуцирую-

щих сахаров в варианте применения 1-МЦП по изученным сортам при температуре хранения 8–9 °С качество хрустящего картофеля и картофеля фри по цвету при обжаривании было выше на 0,5–1,0 балл (по 9-балльной оценочной шкале).

В полевом опыте установлено, что обработка семенного картофеля 1-МЦП в среднем за 2021–2022 годы не оказала существенно влияния на биометрические показатели растений (высота, площадь листовой поверхности, число стеблей на куст). Значение НСР₀₅ за годы исследований по этим показателям было в несколько раз выше, чем отмеченная между вариантами разница. Урожайность картофеля в вариантах с обработкой 1-МЦП при выращивании на фоне минерального питания N₆₀P₆₀K₉₀ по сортам Вымпел и Гранд составила соответственно 23,8 и 18,9 т/га, что также практически не отличалось от значений на контрольном варианте (**табл. 3**).

Таким образом, установлено, что обработка семенного картофеля пре-

Таблица 3. Биометрические показатели и урожайность картофеля в зависимости от сорта и обработки семенных клубней 1-метилциклопропеном, в среднем за 2021–2022 годы

Сорт	Вариант обработки	Высота растений, см	Площадь листовой поверхности, м ² /га	Число стеблей на куст, шт.	Урожайность, т/га	
					общая	товарная
Вымпел	Без обработки	42,5	25421	3,2	23,7	23,4
	1-МЦП	42,6	25430	3,3	23,8	23,6
Гранд	Без обработки	41,8	24638	4,4	18,9	17,9
	1-МЦП	41,5	24627	4,4	18,9	18,0
НСР ₀₅ сорт		0,6	964	0,2	1,0	–
НСР ₀₅ вариант обработки		0,7	1245	0,3	1,4	–

паратом 1-МЦП негативного влияния на рост и развитие растений картофеля в последствии не оказала.

Выводы

1. Установлено, что осенняя обработка картофеля 1-метилциклопропеном в дозе 1 мл/м³ не оказала существенного влияния на лежкость клубней. Разница на 0,3–0,6% по сравнению с контролем не превышала НСР₀₅. В вариантах обработки отмечена тенденция к уменьшению содержания редуцирующих сахаров на 0,1–0,3% при 5–6 °С и на 0,1–0,2% при 8–9 °С, что способствовало улуч-

шению качества обжаренных картофелепродуктов по показателю цвета на 0,5–1,0 балла. Выявленная закономерность отмечена на обоих изученных сортах, но наиболее отчетливо проявилась на сорте Гранд.

2. Обработка семенного картофеля 1-МЦП негативного влияния на рост и развитие растений картофеля не оказала. Разница в высоте растений 0,1–0,3 см по вариантам не превышала НСР₀₅. Урожайность сортов Вымпел и Гранд в последствии обработки 1-МЦП составила 23,8 и 18,9 т/га, что существенно не отличалось от показателей на контроле.

Таким образом, можно сделать вывод о безопасности и перспективности применения 1-МЦП в картофелехранилищах при хранении «чипсового» картофеля по схеме: однократная обработка 1-МЦП с осени + последующая газация фитогормоном этиленом. Дальнейшие исследования должны быть направлены на установление оптимальных доз этилена, обеспечивающих максимальное ингибирование прорастания клубней при такой комбинированной обработке.

Работа выполнена по госзаданию в рамках темы плана НИР FNRZ-2019–0006.

Библиографический список

References

1. Мальцев С.В., Пшеченков К.А. Современная технология хранения картофеля, предназначенного для переработки на обжаренные картофелепродукты // Картофелеводство: материалы науч.– практ. конф. М., 2017. С. 313–320.
2. Мальцев С.В., Андрианов С.В., Митюшкин А.В. Эффективность применения ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного целевого использования // Картофель и овощи. 2021. № 3. С. 29–33.
3. Мальцев С.В., Пшеченков К.А. Обработка клубней ингибитором прорастания снижает потери при хранении // Картофель и овощи. 2009. № 1. С. 9.
4. Пшеченков К.А., Смирнов А.В., Мальцев С.В. Современное состояние и перспективы развития картофельного комплекса России // Защита картофеля. 2017. № 1. С. 22–29.
5. Мальцев С.В., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Влияние химических и физических методов воздействия на клубни картофеля различного назначения при хранении // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной науч.– практ. конференции (Обнинск, 26–28 сентября 2018 года). Обнинск: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 2018. С. 285–289.
6. Мальцев С.В. Об эффективности обработки семенных клубней картофеля этиленом // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 44–53. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.44rus.
7. Пшеченков К.А. и др. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. М., 2008. 39 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

1. Maltsev S.V., Pshechenkov K.A. Modern storage technology of potato intended for processing into fried products. Potato growing: Materials of scientific and practical conference. Moscow. 2017. Pp. 313–320 (In Russ.).
2. Maltsev S.V., Andrianov S.V., Mityushkin A.V. Efficiency of germination inhibitors appliance by storage of potato varieties for various target uses. Potato and vegetables. 2021. No3. Pp. 29–33 (In Russ.).
3. Maltsev S.V., Pshechenkov K.A. Treatment of tubers with a germination inhibitor reduces storage losses. Potato and vegetables. 2009. No1. P. 9 (In Russ.).
4. Pshechenkov K.A., Smirnov A.V., Maltsev S.V. The current state and prospects of development of Russian potato complex. Potato protection. 2017. No1. Pp. 22–29 (In Russ.).
5. Maltsev S.V., Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N. The effect of chemical and physical methods of influence on potato tubers of different purpose during storage. Radiation technologies in agriculture and food industry: state and prospects. Collection of reports of the international scientific and practical conference (Obninsk, September 26–28, 2018). Obninsk: All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agroecology. 2018. Pp. 285–289 (In Russ.).
6. Maltsev S.V. Efficiency of ethylene application on seed potato tubers. Agricultural Biology. 2021. No56 (1). Pp. 44–53. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.44rus (In Russ.).
7. Pshechenkov K.A. et al. Methodological guidelines for evaluating potato varieties suitability for processing and storage. Moscow. 2008. 39 p. (In Russ.).
8. Dospikhov B.A. Method of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition expanded and revised. Moscow: Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.).

Об авторах

Author details

Мальцев Станислав Владимирович (ответственный за переписку), доктор с.-х. наук, зав. лабораторией хранения и переработки картофеля, отдел агроэкологической оценки сортов и гибридов. E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Зейрук Владимир Николаевич, доктор с.-х. наук, зав. лабораторией защиты растений, отдел агроэкологической оценки сортов и гибридов

Андрианов Сергей Владимирович, аспирант, м.н.с. лаборатории хранения и переработки картофеля, отдел агроэкологической оценки сортов и гибридов

Шишкова Софья Георгиевна, м.н.с. лаборатории хранения и переработки картофеля, отдел агроэкологической оценки сортов и гибридов

Тимошина Наталья Александровна, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией агрохимии и биохимии, отдел агроэкологической оценки сортов и гибридов

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

Maltsev S.V. (author for correspondence), D. Sci. (Agr.), Head of the potato storage and processing laboratory, Department of the agro-ecological assessment of potato varieties and hybrids. E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Zeiruk V.N., D. Sci. (Agr.), Head of the plant protection laboratory, Department of the agro-ecological assessment of potato varieties and hybrids, Russian Potato Research Centre

Andrianov S.V., postgraduate student, junior research fellow of the laboratory of potato storage and processing, Department of the agro-ecological assessment of potato varieties and hybrids

Shishkova S.G., junior research fellow of the potato storage and processing laboratory, Department of the agro-ecological assessment of potato varieties and hybrids

Timoshina N.A., Cand. Sci. (Agr.), Head of the agrochemistry and biochemistry laboratory, Department of the agro-ecological assessment of potato varieties and hybrids

Russian Potato Research Centre