

Способы обработки картофеля перед закладкой на длительное хранение

Петров Николай Юрьевич

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»
Адрес: 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»
Адрес: 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97
E-mail: npetrov60@list.ru

Бикметова Кристина Романовна

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»
Адрес: 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97
E-mail: c.bicmetowa@yandex.ru

В период длительного хранения клубни картофеля теряют свой товарный вид и вкусовые качества, современные способы уменьшения потерь при длительном хранении картофеля включают обработку клубней при загрузке в хранилище химическими и биологическими защитно-стимулирующими средствами, а также ингибиторами прорастания. На основании данных зарубежной литературы отмечается проблема недостаточной изученности токсикологического действия основных используемых химических препаратов, в связи с этим возникает необходимость поиска альтернативы. В статье приведен обзор литературных данных касательно различных способов обработки картофеля перед закладкой на длительное хранение, с упором на использование эфирных масел в качестве более экологически безопасной альтернативы препаратам химического происхождения. В данном обзоре авторы опираются на работы, опубликованные в рецензируемых зарубежных и отечественных изданиях. Подбор релевантных источников производился в наукометрических базах данных с помощью поисковых запросов, содержащих синонимичные конструкции. Указана необходимость обработки клубней перед закладкой на длительное хранение с целью ингибирования их прорастания, а значит и обеспечения поддержания товарного вида и уровня полезных веществ. Разобраны примеры наиболее часто используемых препаратов химического и биологического происхождения. Приведена информация непосредственно о видах эфирных масел и их компонентов, используемых в качестве ингибиторов прорастания клубней картофеля. Основным выводом данного обзора является доказанная эффективность использования эфирных масел некоторых растений в качестве экологически безопасной альтернативы традиционным препаратам химического происхождения. В заключении авторы подчеркивают целесообразность использования обработки клубней картофеля перед закладкой на длительное хранение эфирными маслами следующих семейств растений: *Umbelliferae*, *Rutaceae* и *Lamiaceae*.

Ключевые слова: хранение картофеля, эфирные масла, аскорбиновая кислота, ингибиторы, ХИПК, прорастание картофеля

Введение

Картофель известен всем как популярная овощная культура, но помимо своего пищевого назначения он является сырьем для производства таких веществ, как спирт, крахмал, глюкоза, глюкозная патока, витамины и мука, декстрин, молочная кислота, ацетон, бутилен и гликоль. Картофельный крахмал широко используется в фармацевтической, текстильной, деревообрабатывающей и бумажной отраслях как связывающее, скрепляющее, структурное вещество и наполнитель, а в не-

фтедобывающих компаниях он используется для промывания каналов скважин. Также он является заменителем полистирена и других пластмасс, полностью распадающихся естественным путем, и используется, например, при производстве одноразовой посуды. Клубни картофеля содержат около 20% крахмала, также аскорбиновую кислоту и витамины группы В, предохраняющие от заболеваний нервной и кровеносной систем. Белок картофеля, туберин, содержит 14 из 20 основных аминокислот, необходимых для организма человека. Это в несколько раз больше, чем в любом другом растении.

Однако, как и большинство продуктов, по мере хранения картофель теряет товарный вид, вкусовые качества и, соответственно, полезные вещества. В среднем 2/3 потери массы картофеля при хранении приходится на испарение воды и 1/3 на расходование органических веществ при дыхании. Данные потери справедливы, если температура хранения картофеля составляет менее 5° С, при более высокой температуре усиливается процесс дыхания и сильно возрастают потери массы в результате расхода органических веществ. Так, потери массы клубней при температуре 0° С в результате испарения воды в 3 раза больше, чем в результате дыхания, а при 13° С в 1,3 раза больше.

Существуют различные приемы при длительном хранении картофеля, включающие соблюдение температурного режима, определенной влажности воздуха и степени освещенности помещения. Также есть данные о связи методов упаковки на качество хранимого картофеля. Работа Neeraj Phogat доказывает, что потери при вакуумации в 10 раз меньше, чем при упаковке в сетчатый мешок (Phogat et al., 2019).

К основным современным приемам, позволяющим значительно сократить потери при длительном хранении картофеля, относятся следующие:

- метод активного вентилирования помещения и соблюдение температурного режима;
- обработка клубней при загрузке в хранилище биологическими и химическими защитно-стимулирующими средствами и ингибиторами прорастания;
- получение генномодифицированного (ГМО) картофеля, который не подвержен гниению.

Данные приемы расположены в порядке уменьшения их применимости и популярности. Если соблюдение температурного режима и определенной влажности помещения является само собой разумеющимся, то разработка и реализация ГМО картофеля находится на стадии лабораторных исследований. Вариативность второго приема представляет для ученых наиболее широкое поле изучения и деятельности.

На данный момент наиболее распространенной является обработка клубней картофеля препаратами химического происхождения, особенно популярным можно считать препараты на основе хлорпрофамы, о чём свидетельствует множество публикаций и патентных разработок (см. главу «Применение препаратов химического происхождения для обработки картофеля перед закладкой

на длительное хранение»). Однако, несмотря на доказанную эффективность и относительную безопасность данного вещества, существует исследование, ставящее под сомнение токсикологическую безопасность остаточных метаболитов хлорпрофамы, а также степень изученности этой проблемы (Paul et al., 2016).

Наряду с этим возрастает количество исследований, направленных на изучение ингибирующего действия эфирных масел различных растений на прорастание клубней в период длительного хранения. Несомненным плюсом такой обработки картофеля, в сравнении с применением хлорпрофамы, является обратимость действия масел и простота их удаления с поверхности клубней (Teper-Bamnolker et al., 2010).

Учитывая общемировую тенденцию к экологизации всех сфер жизни и соответствия концепции устойчивого развития, как никогда актуальным является поиск и использование альтернативы традиционной обработке клубней картофеля препаратами химического происхождения. Такой альтернативой авторы считают применение более экологически безопасных веществ, а именно эфирных масел и их отдельных активных компонентов. Особенно это актуально для районов, в которых произрастает большое количество насыщенных маслами растений (Belay et al., 2021).

Целью данной статьи является систематический обзор литературных данных, посвящённых обработке клубней биологическими и химическими защитно-стимулирующими средствами и ингибиторами прорастания с целью увеличения лежкости картофеля и сохранения его товарного вида в течение длительного периода. Наиболее подробно будет разобрана тема использования в качестве ингибиторов прорастания эфирных масел и их компонентов.

Материалы и методы исследования

В рамках данной работы был проведен анализ российской и зарубежной литературы за более чем десятилетний период. Поиск и подбор источников производился в международных базах данных Scopus, Web of Science, NSBI, а также отечественных eLibrary.Ru и КиберЛенинка. Для поисковых запросов были использованы следующие синонимичные конструкции: хранение картофеля, эфирные масла, обработка эфирными маслами, обработка картофеля, лёжкость картофеля.

Было отобрано 33 литературных источника, в том числе 13 работ на русском языке и 20 на английском. Рассматривались публикации за временной промежуток с 2008 года по 2021 год, за исключением нескольких более ранних, представляющих интерес, статей.

Результаты и их обсуждение

Этапы хранения картофеля

Весь период хранения картофеля можно разделить на несколько этапов.

Первый этап хранения начинается сразу после уборки и длится около двух недель. Температурный режим при этом составляет от +15 до +18° С. Yi Wang в своей работе пришел к выводу, что высокие температуры (+18° С) способствуют более быстрому заживлению ран и могут иметь потенциал в улучшении качества хранения картофеля при одновременном снижении экономических потерь, связанных с потерей веса для определенных сортов (Wang et al., 2020).

Во второй фазе, продолжительностью чуть больше недели (10 дней) температура должна составлять от +12 до +14° С. В течение первых двух периодов происходит «акклиматизация» клубней, когда протекают процессы их подсыхания и заживления ран, полученных в результате уборки и транспортировки. Третий этап – основной период хранения, температурный режим колеблется от +2 до +5° С.

Именно перед третьим, самым продолжительным периодом, рекомендуют начинать обработку клубней картофеля различными ингибирующими веществами. Такая обработка нацелена на подавление прорастания клубней картофеля, а также защиту от болезней, причем использование эфирных масел, в отличие от популярных синтетических препаратов, оказывает сразу оба эффекта и набирает всё большую популярность.

Эффективность использования эфирных масел с целью сохранения товарного вида картофеля

Проведенный анализ литературы позволил выделить семейства растений, эфирные масла из которых являются наиболее исследованными и эффективными в борьбе с прорастанием столонов на клубнях картофеля.

Эфирные масла растений семейства *Rutaceae* (Рутовые) применяют как в неизменном виде, так и

используют их отдельные компоненты, активные вещества.

Olfa Lengliz с соавторами в своем исследовании использовали эфирное масло *Ruta chalepensis* L. (Рута) в качестве ингибитора прорастания картофеля. Авторы проводили обработку клубней эфирным маслом руты различной концентрации (2%, 4% и 6%), а затем измеряли длину ростков, вес клубней и окончательный вес ростков. Конечная масса проростков необработанных образцов составила 4,66%, тогда как для обработанных 6%-ным раствором эфирного масла – 0,98 %. Эти результаты можно считать достоверными, что подтверждает высокий коэффициент корреляции Пирсона (> 0,9). Был сделан вывод о том, что увеличение концентрации препарата усиливало подавление роста ростков (Lenglizet al., 2018).

Часто встречаются исследования, включающие применение эфирного масла мяты, относящейся к семейству *Lamiaceae*. Схожими показателями эффективности обладают масла растений семейства *Umbelliferae*, о чём свидетельствуют несколько нижепредставленных работ.

В своём исследовании Paula Teper-Bamnolker с соавторами обрабатывали клубни картофеля эфирным маслом мяты, оно ингибировало появление столонов в восьми сортах картофеля при хранении в течение 6 месяцев: клубни оставались твердыми в течение 140 дней хранения. Авторы доказали обратимость ингибирующего действия масла: обработанные клубни, промытые водой, возобновили прорастание в течение нескольких дней со сниженным верхушечным доминированием. Данный вывод свидетельствует о безопасности применения эфирных масел в качестве ингибиторов прорастания (Teper-Bamnolker et al., 2010).

Наравне с мятой колосовой (*Mentha spicata* L.) способность к подавлению прорастания наблюдали у тмина (*Carum carvi* L.) и укропа (*Anethum graveolens* L.), действие которых сравнивали с двумя химическими ингибиторами прорастания хлорпрофамом (ХИПК) и S-карвоном при различных температурах хранения (5, 10 и 15° С). Среди испытанных эфирных масел тминное масло было наиболее эффективным ингибитором прорастания и предотвращало прорастание до 180 дней при всех температурных режимах. Обработка ХИПК для предотвращения прорастания была очень эффективной только в условиях низких температур, тогда как ее эффект умень-

шался при 15° С, а прорастание начиналось после 120 дней хранения. Укропное масло эффективно предотвращало прорастание при 15° С в течение более 135 дней, прорастало менее 20% клубней. Подавляющее действие масла мяты перечной и S-карвона на ростки уменьшалось с повышением температуры хранения. При этом все виды обработки значительно снижали потерю веса по сравнению с контролем. Потеря веса клубней, обработанных тминным маслом, составила 36,1%, 46,2% и 49,6% при 5, 10 и 15° С соответственно, что ниже, чем у контроля. Авторами был сделан вывод, что использование тминного и укропного масел существенно снижает потери веса и предотвращает прорастание клубней при длительном хранении при температуре до 15° С (Şanlı & Karadoğan, 2019).

В более ранних работах отмечается, что S-карвон, в дополнение к своей биологической активности, подавляющей прорастание, ингибирует рост бактерий и грибов, таких как виды *Fusarium* и *Rhizoctonia* (Song et al., 2009). Другие заметные преимущества S-карвона по сравнению с ХИПК включают отсутствие сильного запаха, который передается пищевым продуктам при его использовании, он нетоксичен и безопасен для человека, а также меньше способствует разрушению озонового слоя по сравнению с ХИПК (Gumbo et al., 2021). Значительное количество карвонов (51–73%) содержится в эфирном масле мяты (Song et al., 2008).

Эфирное масло тмина и мяты также встречается в другой работе. David Gomez–Castillo с соавторами исследовал ингибирующее действие эфирных масел тмина (*Carum carvi* L.), мяты перечной (*Mentha piperita* L.), кориандра (*Coriandrum sativum* L.) и эвкалипта (*Eucalyptus globulus* L.). В данной работе эфирные масла мяты перечной и кориандра были наиболее эффективными ингибиторами прорастания с показателями ингибирования от 65 до 95% по сравнению с контролем. Использование этих эфирных масел также предотвращало фитопатогенное повреждение. Аналитические параметры качества, такие как содержание влаги и общее количество растворимых твердых веществ, не изменились после обработки любым из ароматических эфирных масел. Сенсорный анализ не выявил различий во внешнем виде и вкусе картофеля, обработанного эфирными маслами, и необработанных клубней. Исходя из этого, был сделан вывод об эффективности и безопасности применения данных эфирных масел при обработке картофеля в качестве ингибитора прорастания (Gómez-Castillo et al., 2013).

2%-ное эфирное масло тмина, как и гвоздики, является не только эффективным ингибитором прорастания, но и обладает противогрибковым эффектом. Abdulaziz A Al-Askar с соавторами доказали их эффективность в борьбе с плесенью *Penicillium polanicum* (Al-Askar et al., 2021).

В статье Moses S. Owolabi и соавторов показано влияние эфирных масел Мари амброзевидной (*Chenopodium ambrosioides*) и Липпии многоцветковой (*Lippia multiflora*) на прорастание хранимого картофеля. Были испытаны составы эфирных масел с глиноземом, бентонитом или каолином, как с добавкой Triton X-100, так и без нее. Результаты показали, что тестируемые масла обладают эффектом, который делает их пригодными для применения в качестве средств для подавления прорастания (Owolabi et al., 2010).

В другой работе Moses S. Owolabi с соавторами описывают влияние эфирных масел таких растений, как Ямайский мускатный орех (*Monodora myristica*), Челнобородник лимонный (*Cymbopogon citratus*), Марь амброзевидная (*Chenopodium ambrosioides*), Липпия многоцветковая (*Lippia multiflora*) и Имбирь лекарственный (*Zingiber officin*) на прорастание картофеля. Клубни, обработанные *L. multiflora* и *C. citratus*, через 14 дней имели наиболее короткие ростки 4,00 мм и 4,56 мм соответственно по сравнению с клубнями, обработанными другими маслами и контрольными образцами. Результаты обработки картофеля *C. ambrosioides* на 14 день лишь незначительно уступают результатам *C. Citratus*, столоны имеют длину 4,67 мм. По прошествии 28 дней эфирное масло *Z. officinale* обладало наибольшей активностью подавления прорастания с длиной ростка 5,65 мм. Наименьший эффект ингибирования прорастания столонов наблюдался при обработке клубней маслом *M. Myristica*, длина ростков на 28 день составляла в среднем 7,08 мм, контроль имел ростки по 8,75 мм (Owolabi et al., 2013).

Группа ученых из Китая проводила исследование по влиянию фумигации эфирным маслом цитронеллы (*Cymbopogon*) на подавление прорастания и качество клубней картофеля во время длительного хранения. Проводили разовую (0-10 день хранения) и двойную (0-10, 35-90 день хранения) обработку клубней с концентрацией действующего вещества 30 мкл/л. Измеряли изменения скорости прорастания, потери веса, крахмала, редуцирующего сахара, гиббереллинов и α -соланина. Результаты показали, что вышеуказанная фумигация может контролировать прорастание и улучшить качество клубней картофеля во вре-

мя хранения по сравнению с необработанными клубнями. Обработка маслом цитронеллы ингибировала разложение крахмала и повышение содержания редуцирующего сахара, а также подавляла производство гиббереллинов и снижала уровень α -соланина. Двухфазная фумигация в свою очередь лучше влияет на подавление ростков, чем однофазная, и обладает потенциалом для применения в производственных масштабах (Jia et al., 2019).

Перспективными являются также эфирные масла растений хвойных пород. Группа ученых во главе с Michelle Boivin проводили разработку препарата на основе остатков коры чёрной ели и бальзамической пихты. Исследователи отметили эффективность препарата на основе эфирных масел хвойных растений в борьбе болезнями и прорастанием клубней картофеля в период длительного хранения, помимо этого данная разработка позволит решить проблему утилизации коры и остаточных продуктов лесозаготовки (Boivin et al., 2021).

Механизм ингибирования был раскрыт группой ученых, рассматривающих в этом ключе более 20 видов эфирных масел. Исследование показало, что такая обработка влияет на прорастание за счет модуляции накопления восстанавливающих сахаров, этилена и экспрессии генов, участвующих в прорастании клубней, таких как ARF, ARP, AIP и ERF (Shukla et al., 2019).

Отдельные компоненты эфирных масел, используемые для увеличения лежкости картофеля

Наравне с использованием чистых эфирных масел популярны исследования ингибирующего действия их отдельных составных компонентов, например, лимонена. *Limonene* – это вещество, относящееся к терпеновым углеводородам, которое содержится в составе эфирных масел цитрусовых и хвойных растений, а также получается синтетическим путем и используется для увеличения лежкости картофеля.

В 2020 году группа ученых опубликовала исследование, подтверждающее положительное влияние цитраля на подавление прорастания клубней во время длительного хранения. Цитраль – это монотерпеновый ациклический альдегид, входящий в состав эфирных масел лемонграсса, лимона, эвкалипта и некоторых других.

Исследователи сравнивали ингибирующее действие при обработке картофеля непосредственно

альдегидом и эмульсией цитраля, образованных с помощью эмульгированной карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Эксперимент показал, что эмульгированные пленки имеют значительные преимущества по сравнению с прямым добавлением цитраля с точки зрения содержания активного агента, химической стабильности, пролонгированного высвобождения и эффективного ингибирования прорастания картофеля. Клубни, упакованные в полиэтиленовые пакеты непосредственно с добавлением цитраля, не показали ингибирующего действия на прорастание после 14 дней хранения при 20° С, в то время как в клубнях, упакованных с грубоэмульгированными и наноэмульгированными пленками цитраль-КМЦ, наблюдали 100% ингибирование. Данное исследование показывает перспективу использования эмульгированных пленок КМЦ в качестве активного компонента при упаковке картофеля для сохранения его качества во время продажи и хранения в домашних условиях (Arnon-Rips et al., 2020).

Исходя из вышеописанных исследований, можно выделить несколько наиболее часто используемых эфирных масел. На первом месте по эффективности стоит масло мяты и цитрусовых, далее идет масло тмина, руты и мари амброзевидной. Также встречаются упоминания об эффективности использования в качестве ингибиторов прорастания картофеля компонентов эфирных масел семейства цитрусовые.

Применение препаратов химического происхождения для обработки картофеля перед закладкой на длительное хранение

В промышленных масштабах чаще всего используют различные химические препараты, которые являются более доступными и удобными в применении, чем эфирные масла. Наиболее популярным среди таковых является хлорпрофам (ХИПК).

Наряду с этим можно встретить работы, в которых исследователи комбинируют действие химических веществ и активных компонентов эфирных масел. Например, запатентован способ обработки клубней от прорастания с использованием ХИПК и лимонена посредством аэрозольного распыления. В предлагаемом способе обработки клубней применение лимонена обеспечивает частичную замену ХИПК при обработке от прорастания

Было проведено масштабное исследование действия ХИПК как ингибитора прорастания картофеля. Информация, доступная до настоящего

времени, и данные, представленные в статье о пределе максимального остатка (ПМО) и приемлемом дневном лимите потребления (ПДЛП) ХИПК, указывают на проблемы, связанные с остатками ХИПК и его вредными метаболитами, что ставит под сомнение безопасность его использования. Токсикологическая оценка ХИПК является неполной и недостоверной, а ПМО и ПДЛП являются фиксированными, защищаемыми и рекомендуемыми. В связи с этим авторы делают вывод о том, что фиксация этих пределов должна оцениваться с учетом не только ХИПК, но и метаболитов, вырабатываемых ХИПК (Paul et al., 2016).

Двумя годами ранее Vijay Paul проводил сравнительную характеристику хлорпрофама и глиофаста, неселективного системного гербицида. Относительное сравнение между этими веществами показало, что глифосат безопаснее с точки зрения более низкой токсичности для млекопитающих, уровня загрязняющих веществ для человека (при долгосрочном применении), допустимого суточного предела потребления и допустимого предела остатка (Paul et al., 2014).

В 2018 году та же группа авторов провела масштабный анализ литературы касательно пагубных последствий постоянного использования препаратов на основе хлорпрофама. Авторы указывают на острую проблему содержания остаточных метаболитов ХИПК не только в самих клубнях картофеля, но и в продуктах его переработки, что наносит ущерб как окружающей среде, так и здоровью потребителей в целом (Vijay et al., 2018). Выводы о вреде продуктов разложения хлорпрофама, например 3-хлоранилин, можно найти и в более ранних работах (Sihtmäe et al., 2010; Smith et al., 2012).

Несмотря на указанную в вышеизложенных работах недостоверность токсикологической оценки хлорпрофама, данное вещество остается популярным ингибитором прорастания столонов, о чем свидетельствуют более поздние публикации. Тем не менее, его применение будет сокращаться, поскольку некоторые страны начали вносить ХИПК в список запрещенных веществ, особенно страны ЕС (Juncker, 2019).

В 2021 году была опубликована работа, посвященная определению эффективности применения ингибиторов прорастания при хранении сортов картофеля различного назначения, от столового до семенного материала. В результате проведен-

ных опытов авторы выявили, что наиболее эффективной является обработка картофеля столового назначения препаратом «Харвест-Макс, Р», действующим веществом которого является ХИПК, при суммарных дозах препарата 39 и 57 г/т, что обеспечивает снижение потерь картофеля на 5,1 и 7,0% соответственно. А применение препарата «Спраут-стоп» при температуре хранения 8-10° С снижает потери на 4,0-6,0%, что практически не уступает действию хлорпрофама (Мальцев и др., 2021).

Более ранняя работа Мальцева нацелена на оценку ингибирующего действия этилена (отдельно или в комбинации с уменьшенными дозами препарата «Спад-Ник») на лёжку картофеля в период длительного хранения. Исследователи отмечают, что обработка семенного и продовольственного картофеля этиленом является перспективной альтернативой химическим препаратам на основе действующего вещества хлорпрофама (Мальцев и др., 2018).

Помимо хлорпрофама остаточные метаболиты оставляет после себя другой достаточно известный ингибитор прорастания – малеиновый гидразид. К такому выводу пришли ученые, рассматривая данное вещество как альтернативу ХИПК. В исследовании фигурировал также 1,4-диметилнафталин, он не только показал свою эффективность в ингибировании прорастания, но и не оставил после себя «следов» (Visse-Mansiaux et al., 2021). 1,4-диметилнафталин, помимо проявления свойств ингибитора прорастания, ведет также к значительному снижению контаминации грибковыми инфекциями (Campbell et al., 2019).

Для предотвращения прорастания картофеля в весенний период используют также обработку следующими химическими препаратами: М-1 – метиловый эфир α -нафтилуксусной кислоты; ГМК – гидрозид малеиновой кислоты (De Blauwer et al., 2012); ТБ – 2,3,5,6-тетрахлорнитробензол. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Препарат М-1 легко применяется в любых условиях, достаточно опылить им клубни, но действует он только в контакте с клубнями, поэтому малоэффективен при хранении в условиях активного вентилирования. От этих недостатков свободен ГМК. Препарат нетоксичен, растворяется в воде, им орошают урожай за 2-3 недели до уборки клубней. ТБ оказывает слабое ингибирующее действие и предназначен для обработки семенного картофеля¹.

¹ Хранение овощей. https://znaytovar.ru/s/Xranenie_ovoshhej.html

Митрасовым Ю.Н. и соавторами было запатентовано средство, предназначенное для сохранения качества и товарного вида картофеля. Исследователями был проведен следующий эксперимент: картофель сорта «Адретта» перед закладкой на хранение очищали от грязи, помещали в деревянные ящики и закладывали на хранение при температуре хранилища 1-6°С. Через 2-3 месяца картофель обрабатывали 0,5%-ным раствором фосфорорганического олигомера. Контрольную партию смачивали водой. Данные испытаний показывают ингибирующее действие препарата, которое выражается в уменьшении количества проросших клубней в 2-2,5 раза и в большей сохранности картофеля за весь период хранения в опытной партии по сравнению с контрольной. Так масса клубня в контроле за период наблюдений уменьшилась в среднем на 90 г с 1 кг, а масса клубней, обработанных препаратом, уменьшилась лишь на 40 г. Препарат также показал защитное действие на клубни от поражения грибковыми, бактериальными и вирусными инфекциями².

U. Afek проводил эксперимент по обработке клубней стабилизированным пероксидом водорода (НРР). Образцы обрабатывали и хранили при $10 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 6 месяцев. За этот период хранения клубни картофеля обрабатывали НРР 4 раза, что привело к отсутствию проростков и лучшей сохранности образцов по сравнению с контрольными образцами (Afek et al., 2000).

Апашевой Л.М. и соавторами был получен патент по способу продления периода естественного покоя клубней картофеля и торможения их прорастания. Суть способа заключается в следующем: клубни обрабатывают водным раствором пероксида водорода в концентрации 0,34-1,7 г/л, подсушивают и затем обрабатывают 10-15%-ным водным раствором окисленного крахмалосодержащего продукта, который получают окислением отходов рисового производства в натриевом щелочном растворе в присутствии катализатора. Проведено несколько опытов, в результате которых процент проросших клубней составлял 80-98%, в то время как среди обработанного картофеля процент прорастания находился в пре-

делах 18-27%, за исключением одного опыта, где число проросших клубней достигло 76%. Данный метод обеспечивает продление естественного периода покоя клубней картофеля при длительном хранении³.

В 2005 году был запатентован химический способ обработки картофеля. Раствор, содержащий перекись водорода, ионы серебра, меди и цинка, а также одну из кислот (надуксусной, серной, азотной и фосфорной) в виде «сухого тумана». Эксперименты, проводимые с различными вариациями ионов и кислот в составе «сухого тумана» подтвердили эффективность использования данной смеси в качестве ингибитора прорастания картофеля. Однако в составе, содержащем более 25% перекиси водорода, наблюдалось повреждение кожицы, которое быстро развивалось до гнили⁴.

В статье Медведевой И.Н. с соавторами рассматривают способы защиты семенного картофеля в период хранения. С этой целью проводилась аэрозольная дезинфекция поверхностей стен и пола препаратом «Ди-Хлор» и дезинфекция поверхностей стен и пола темовозгонной шашкой «Тамбей». Количество клубней, обработанных препаратом «Ди-Хлор», пораженных фитофторозом, составило 6,05 т, или 11,6 % от общей массы отхода, развитие сухой гнили составило 3,03 т, или 5,8 %; количество пораженных мокрой гнилью — 2,42 т, или 4,63 % от общей отхода картофеля. В то время как при использовании шашки «Тамбей» потери от фитофтороза — 7,61 т, или 11,6 %; потери от сухой гнили — 1,00 т, или 5,8 %; потери от поражений мокрой гнилью — 3,89 т, или 7,14 % от всей массы отхода картофеля. Авторы сделали вывод о том, что применение данных препаратов позволило снизить потери картофеля при хранении вследствие развития болезней на 22,93 % при применении препарата «Тамбей», и на 22,03 % — используя препарат «Ди-Хлор» (Медведева и др., 2011).

Наряду с вышеперечисленными веществами можно выделить несколько действенных и нетоксичных химических соединений. Например, в 2021 году была доказана эффективность применения

² Митрасов, Ю. Н., Анисимова, Е. А., Кириллов, Н. А., & Яльцева, Н. С. (2002). Средство, предназначенное для сохранения картофеля (РФ Пат. 2184470 С1). Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова. https://yandex.ru/patents/doc/RU2184470C1_20020710

³ Апашева, Л. М., Комиссаров, Г. Г., Овчаренко, Е. Н., Рубцова, Н. А., Сахаров, П. А., Сергеев, А. И., Полякова, М. Н., & Мартиросян, М. Ц. (2014). Способ продления периода естественного покоя клубней картофеля и торможения их прорастания (РФ Пат. 2533903 С1). Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук. https://yandex.ru/patents/doc/RU2533903C1_20141127

⁴ Нир, Б. Й., & Элайху, М. (2005). Способ обработки картофеля во время хранения (РФ Пат. 2262230 С2). Пими Марион Холдинг ЛТД. https://yandex.ru/patents/doc/RU2262230C2_20051020

в качестве ингибиторов прорастания малеиновой и L-винной кислот (Bhattacharya et al., 2021).

Таким образом, можно сказать, что, в отличие от применения эфирных масел, химические вещества, используемые для обработки картофеля, более разнообразны по своей природе. Однако, несмотря на разнообразие веществ, в виду простоты применения и экономической выгоды, наиболее популярным остается использование ХИПК и препаратов на основе этого вещества.

Применение препаратов биологического происхождения для обработки картофеля перед закладкой на длительное хранение

Как альтернативу химическим веществам в обработке картофеля от прорастания ряд авторов используют препараты биологического происхождения. Данный метод является более экологичным и направлен не только на увеличение лежкости, но и на защиту от болезней.

Аксенова Е.С. в своей статье рассматривает вопросы влияния обработки клубней защитно-стимулирующими средствами биологической природы на их потери при хранении, с целью выявления наиболее эффективных, экономически обоснованных технологий хранения продовольственного картофеля, а также улучшения экологического аспекта сохранности продуктов питания. Клубни обрабатывали после прохождения лечебного периода в хранении рекомендуемыми нормами расхода биопрепаратов. В качестве защитно-стимулирующих средств были использованы такие препараты, как «Агат-25К», «Эпин», «Силк», «Крезацин» и «Циркон». Все примененные биопрепараты, за исключением «Эпина», привели к увеличению количества крупных и средних зерен крахмала по отношению к контролю в течение всего периода хранения. Наибольшее влияние на увеличение размера крахмальных зерен оказали препараты «Силк», «Крезацин» и «Циркон». Автор сделала вывод о том, что обработка клубней защитно-стимулирующими средствами биологической природы приводит к сокращению количественных потерь картофеля при хранении на 3,06-7,03 % по отношению к контролю (Аксенова, 2016).

В своей работе Зейрук В.Н. и соавторы рассматривают действие некоторых ингибиторов на лежкость картофеля. Наиболее популярным является использование с этой целью дымовой шашки «Вист». Также популярным является использование газа этилен и препаратов на основе коллоидного серебра: «Зерокс» и «Зеромикс». Авторы

(Зейрук, Пшеченков, & Васильева, 2016) утверждают, что хороший ингибирующий и сохраняющий продукцию эффект был получен в ранних исследованиях при использовании экспериментальной дымовой шашки на основе фунгицида «Вист» (действующее вещество – тиабендазол) и ингибитора «Спраутстоп» (действующее вещество – хлорпрофам) (Зейрук и др., 2016).

Суховецкая В.А. с соавторами в своей работе изучали влияние биопрепаратов на хранение картофеля. Были испытаны такие биопрепараты, как «Фитоп 8.67» и «Ризобакт СП». Авторами был сделан вывод об эффективности применения данных препаратов для уменьшения потерь картофеля при хранении. Наиболее действенным оказался препарат «Фитоп 8.67». Его применение обеспечило уменьшение потерь картофеля при хранении на 2,7 % в сравнении с необработанными клубнями и на 1,8 % при обработке клубней препаратом «Ризобакт СП» (Суховецкая и др., 2016; Печенцов & Светлаков, 2017).

Горшков В.В. и Савина О.В. в своей статье изучали влияние осенней обработки препаратом «Биопаг» на пищевую ценность и технологические свойства клубней картофеля при длительном хранении. Клубни опрыскивали раствором биопрепарата из малообъемного опрыскивателя при норме расхода 0,75 л/т. Обработку осуществляли через две недели после уборки по истечении лечебного периода. Контролем служили клубни, обработанные водой. Осенняя обработка клубней препаратом «Биопаг» способствует лучшему сохранению в них сухих веществ (на 0,60-0,62 %), крахмала (на 0,51-1,23 %), белка (на 0,04-0,14 %) и витамина С (на 2,69-2,80 мг%). Авторами был сделан вывод о том, что в обработанных клубнях медленнее накапливаются такие нежелательные продукты обмена, как редуцирующие сахара (Савина & Горшков, 2014).

Луговая Н.П. с соавторами в своей статье рассматривают способы обработки картофеля перед закладкой на хранение. В настоящее время, картофель перед закладкой на хранение чаще всего обрабатывают препаратом «Максим», с целью предотвращения развития в период хранения сухих фомозных и фузариозных гнилей, а также прорастания. Авторами было проведено теоретическое исследование и анализ существующих способов обработки картофеля и были выбраны следующие антисептические вещества: поваренная соль йодированная; йодат калия; борная кислота; перекись водорода. Также было установлено, что эффективность обработки клубней зависит от

ряда факторов: концентрации раствора препарата, равномерности распределения препарата; удерживаемости препарата на клубнях; степени покрытия обрабатываемой поверхности. Исследования, проведенные авторами, показали положительные результаты обработки картофеля выбранными антисептиками на его количественный и качественный состав (Луговая и др., 2013).

Афиногенова С.Н. и Черкасов О.В. в своей работе рассматривают безопасность обработки картофеля пищевым консервантом при хранении. Изучается действие таких ингибирующих агентов, как АВ-анолит, раствор «Полимет» и раствор сорбиновой кислоты (Е200). Стоит отметить, что передозировка первых двух препаратов может привести к нарушению требований к экологической безопасности продукта и его безвредности для организма человека. Обработка клубней перед хранением 0,2% спиртовым раствором пищевого консерванта Е200 оказалась наиболее эффективным и экологически безопасным способом хранения картофеля. Раствор сорбиновой кислоты уничтожает патогенную микрофлору на клубнях; снижает потери картофеля от фитопатогенных заболеваний при хранении; сохраняет питательные вещества и качество потребительской продукции и отвечает требованиям экологии и безопасности для организма человека (Афиногенова, 2018).

Приходько Е.С. в своей статье рассматривает влияние нескольких препаратов на хранение картофеля сорта Невский. В работе перечислено использование следующих веществ: Максим, КС и препарат на основе ризобактерии *K. planticola*. Расход на опрыскивание перед закладкой на хранение составил: препарата «Максим», «КС» – 0,4 л/т, а препарата на основе ризобактерии *K. planticola* – 5 л/т. В результате проведенных экспериментов автор говорит о том, что клубни, находящиеся на хранении после обработки препаратом на основе ризобактерии *K. planticola*, поражались на 40% меньше, чем в контрольном варианте, и на 15-20% меньше, чем при применении препаратов «Максим» и «КС» (Приходько, 2018).

Саратова Т.Г. и Каменек Л.К. рассматривали влияние биопрепарата «Дельфин» на основе дельта эндотоксина *Bacillus thuringiensis* на возбудителя фитофтороза. Клубни картофеля обрабатывали раствором биопрепарата и после просушки укладывали в контейнеры по 10 кг (100 шт.). Для обработки 10 кг клубней использовали 2,5; 5 и 10 мл препарата в 100 мл воды. При норме расхода 10 мл/10 кг дельфин снижал число пораженных клубней с 17 (в контроле) до 12,3 (на 27,6

%) на сорте Ресурс и с 31 до 20 (36,4 %) на сорте Ильинский. При норме расхода 2,5 мл/10 кг его эффективность была невысока и находилась в пределах ошибки, а при 5 мл/10 кг число пораженных фитофторозом клубней сортов Ресурс и Ильинский снизилось по сравнению с контролем соответственно на 18,2 и 31,2 % (Сатарова & Каменёк, 2009).

М.М. Хайбуллин с соавторами исследовали эффективность применения биопрепаратов для борьбы с фитофторозом. Клубни картофеля перед закладкой на хранение опрыскивали «Фитоспорином», «Гуми» и «Борогумом» с расходом 0,5-1,0 л/т. Результаты исследований показывают, что процент общей заболеваемости под влиянием биологических препаратов снижается на 9-37 % по сравнению с контролем. Наибольшее снижение наблюдается под влиянием препарата фитоспорина 31-37 %, наименьшее под влиянием «Гуми» – 9-19 % (Хайбуллин и др., 2013).

Обработка картофеля препаратами биологического происхождения осуществляется в первую очередь для предотвращения развития различных заболеваний, а уже во вторую очередь для ингибирования прорастания столонов. Однако если объединить эти проблему в одну то, как упоминалось выше, обработка клубней направлена на увеличение лёжкости и сохранение товарного вида продукции.

В книге «Potato Production Systems» ингибиторам прорастания клубней картофеля посвящён отдельный раздел, а использование эфирных масел описано также в главе по органическому выращиванию картофеля. В данном источнике описывают ингибирующее действие мяты перичной, мяты курчавой, а также гвоздичного масла при нанесении их в виде аэрозоля на клубни картофеля через каждые несколько недель. Недостатком использования эфирных масел является их высокая летучесть, а нормальная циркуляция воздуха может способствовать выведению материала из хранилища, поэтому для достижения желаемого результата необходимо многократное или непрерывное применение (Moore et al., 2020).

Данный вид ингибиторов является более экологичным в сравнении с традиционным ХИПК, который является самым распространенным на территории США. Также с целью подавления прорастания столонов используют следующие вещества: малеиновой гидразит, незаменимы, нафталины, 3-децен-2-он, октанол-1 и другие, менее популярные вещества. Среди нафталинов

можно выделить 1,4-диметилнафталин и диизо-пропилнафталин, их действие основано на ингибировании на гормональном уровне.

Выводы

В данной статье были рассмотрены различные методы обработки картофеля от прорастания перед закладкой на длительное хранение. Основным условием, при несоблюдении которого любая обработка будет бессмысленной, является соблюдение определенных условий микроклимата в хранилище. Для основного периода хранения можно выделить следующее: температурный режим от +2 до +5° С, относительная влажность воздуха не менее 75% и наличие системы активного вентилирования.

При соблюдении вышеизложенных условий использование дополнительных мер по борьбе с прорастанием будет иметь максимальный эффект. Среди изученных способов обработки наиболее экологичным является использование эфирных масел и различных веществ биологического происхождения. Действие последних направлено в основном на защиту урожая от болезней, в связи с чем обработку данными веществами следует использовать в комплексе с периодической обработкой эфирными маслами или их активными компонентами.

Эфирные масла содержат компоненты, которые, помимо ингибирующего действия, препятствуют размножению патогенной микрофлоры и, соответственно, предотвращают процессы гниения и распространения различных заболеваний, таких как фитофтороз и парша. Среди популярных источников эфирных масел также можно выделить лаванду, шалфей, розмарин и различные хвойные породы. Данные растения используются как в виде букетов, раскладываемых рядом с ящиками картофеля, так и в виде эфирных масел. Во втором случае используют холодную/горячую аэрацию или же пропитывают маслами фильтровальную бумагу или ватные диски, которые затем раскладывают на клубни. В обоих способах исследователь сталкивается с проблемой кратности обработки, от которой напрямую зависит ее эффективность.

Единственным минусом применения эфирных масел можно назвать их высокую летучесть, вследствие чего для сохранения положительного эффекта обработку данными веществами следует периодически повторять. Любая кратность приме-

нения препаратов/веществ, отличная от единичной, в свою очередь склоняет конечную стоимость продукции в сторону увеличения. А производство эфирных масел само по себе является дорогостоящим, что затрудняет внедрение этих видов подавителя ростков на рынке (Daniels-Lake et al., 2013; Raut & Karuppayil, 2014).

Плюсами использования в качестве ингибиторов эфирных масел можно назвать обратимость их действия и простоту удаления с поверхности клубней. Наряду с доказанной эффективностью и безопасностью применения данный способ ингибирования прорастания картофеля является перспективной и экологичной альтернативой обработки ХИПК, токсикологическая оценка остаточных метаболитов которого не получила должного внимания.

На основании проведенного систематического обзора авторы могут рекомендовать в качестве альтернативы ХИПК использование эфирных масел растений следующих семейств: *Umbelliferae*, *Rutaceae* и *Lamiaceae*.

Литература

- Аксенова, Е. С. (2016). Инновационная тенденция в технологии хранения и переработки продовольственного картофеля. В *Уголовно-исполнительная политика и вопросы исполнения уголовных наказаний: Сборник материалов Международной научно-практической конференции* (с. 1202-1210). Рязань: Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний.
- Афиногенова, С. Н. (2017). Повышение эффективности технологии хранения картофеля в хранилищах стационарного типа для сельскохозяйственного производства. В *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Материалы Международной научно-технической конференции* (с. 13-19). Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия.
- Зейрук, В. Н., Пшеченков, К. А., & Васильева, С. В. (2016). Подготовка картофеля к хранению. *Защита и карантин растений*, 11, 36-39.
- Луговая, Н. П., Беляев, И. Ф., Лапко, Т. А., & Требухин, И. В. (2013). Способы обработки картофеля перед закладкой на хранение. *Пищевая промышленность: Наука и технологии*, 2, 38-41.
- Мальцев, С. В., Андрианов, С. В., & Митюшкин, А. В. (2021). Эффективность применения ингибиторов прорастания при хранении со-

- птов картофеля различного целевого использования. *Картофель и овощи*, 3, 29-33. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.37.39.002>
- Мальцев, С. В., Пшеченков, К. А., & Зейрук, В. Н. (2018). Влияние химических и физических методов воздействия на клубни картофеля различного назначения при хранении. В *Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: Состояние и перспективы: Сборник докладов международной научно-практической конференции* (с. 285-289). Обнинск: Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии.
- Медведева, И. Н., Черномордик, А. О., Смолин, А. М., & Солодников, С. Ю. (2011). Эффективная защита семенного картофеля в период хранения. *Аграрный вестник Урала*, 4, 68-70.
- Печенцов, И. М., & Светлаков, А. Г. (2017). Теоретические аспекты процесса хранения картофеля. *Агропродовольственная политика России*, 6, 65-71.
- Приходько, Е. С. (2018). Влияние препаратов различного действия на хранение клубней картофеля. В *Современные тенденции в научном обеспечении АПК верхневолжского региона* (с. 72-75). Суздаль: ПресСто.
- Савина, О. В., & Горшков, В. В. (2014). Инновационная технология хранения картофеля с использованием биологического препарата Биопаг. В *Инновационные технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства: Материалы международной юбилейной научно-практической конференции* (с. 298-300). Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева.
- Сатарова, Т. Г., & Каменёк, Л. К. (2009). Препарат для защиты клубней картофеля во время хранения. *Защита и карантин растений*, 2, 50-50а.
- Суховацкая, В. А., Кыстаубаева, А. С., & Карашаева, Ж. С. (2016). Влияние биопрепаратов на хранение картофеля. *Наука и мир*, 8, 54-56.
- Хайбуллин, М. М., Аминев, И. Н., & Ишкинина, Ф. Ф. (2013). Эффективность применения биопрепаратов для борьбы с фитофторозом в период хранения картофеля. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*, 1, 45-46.
- Afek, U., Orenstein, J., & Nuriel, E. (2000). Using HPP (hydrogen peroxide plus) to inhibit potato sprouting during storage. *American Journal of Potato Research*, 77(1), 63-65. <https://doi.org/10.1007/BF02853663>
- Al-Askar, A. A., Rashad, E. M., Ghoneem, K. M., Mostafa, A. A., Al-Otibi, F. O., & Saber, W. I. A. (2021). Discovering *Penicillium polanicum* with High-Lytic Capacity on *Helianthus tuberosus* Tubers: Oil-Based Preservation for Mold Management. *Plants (Basel)*, 10(2), Article 413. <https://doi.org/10.3390/plants10020413>
- Arnon-Rips, H., Sabag, A., Tepper-Bamnolker, P., Chalupovich, D., Levi-Kalishman, Y., Eshel, D., Porat, R., & Poverenov, E. (2020). Effective suppression of potato tuber sprouting using polysaccharide-based emulsified films for prolonged release of citral. *Food Hydrocolloids*, 103, Article 105644. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105644>
- Belay, D. W., Asfaw, Z., Lulekal, E., & Kassa, B. (2021). Farmers' management of potato (*Solanum tuberosum* L.) late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) and sprouting in Shashemene and West Shewa districts, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), Article 1925432. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1925432>
- Bhattacharya, E., Biswas, S. M., & Pramanik, P. (2021). Maleic and l-tartaric acids as new anti-sprouting agents for potatoes during storage in comparison to other efficient sprout suppressants. *Scientific Reports*, 11(1), Article 20029. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99187-y>
- Boivin, M., Bourdeau, N., Barnabe, S., & Desgagne-Penix, I. (2021). Black spruce extracts reveal antimicrobial and sprout suppressive potentials to prevent potato (*Solanum tuberosum* L.) losses during storage. *Journal of Agriculture and Food Research*, 5, Article 100187. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100187>
- Campbell, M., Adams, R., Dobry, E., Dobson, K., Stefanick, V., & Till, J. (2019). The sprout regulating compound 1,4-dimethylnaphthalene exhibits fungistatic activity. *Journal of Agronomy Research*, 1, 27-34. <https://doi.org/10.14302/ISSN.2639-3166.JAR-18-2502>
- Daniels-Lake, B., Olsen, N., Delgado, H. L., & Zink, R. (2013). *Efficacy of potato sprout control products to minimize sprout production*. North America: North American Plant Protection Organization.
- De Blauwer, V., Demeulemeester, K., Demeyere, A., & Hofmans, E. (2012). Maleic hydrazide: Sprout suppression of potatoes in the field. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 77(3), 343-351.
- Gómez-Castilloa, D., Cruza, E., Iguaz, A., & Arroqui, C. (2013). Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 82, 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.017>
- Gumbo, N., Magwaza, L. S., & Ngobese, N. Z. (2021). Evaluating ecologically acceptable sprout suppressants for enhancing dormancy and potato storability: A review. *Plants*, 10(11), Article 2307. <https://doi.org/10.3390/plants10112307>

- Jia, B., Xu, L., Guan, W., Lin, Q., Brennan, C. S., Yan, R., & Zhao, H. (2019). Effect of citronella essential oil fumigation on sprout suppression and quality of potato tubers during storage. *Food Chemistry*, 284, 254-258. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.119>
- Juncker, J. C. (2019). Reglement d'execution (UE) 2019/989 de la commission du 17 juin 2019, in L 160/11. Bruxelles: Ed by europeenne C. *Journal officiel de l'Union europeenne*, 989, 198-202.
- Lengliz, O., Mejri, J., Abderrabba, M., Khalifa, R., & Mejri, M. (2018). Ruta chalepensis L. Essential Oil: A New Antisprouting Agent for Potatoes Bioconservation. *Journal of Chemistry*, 2018, Article 8547851. <https://doi.org/10.1155/2018/8547851>
- Moore, A., Sullivan, D. M., Olsen, N., Hutchinson, P. J. S., Wharton, P., & Wenninger, E. J. (2020). Organic Potato Production. In Stark J., Thornton M., Nolte P. (Eds.). *Potato Production Systems* (pp. 101-131). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_6
- Owolabi, M. S., Lajide, L., Oladimeji, M. O., & Setzer, W. N. (2010). The Effect of essential oil formulations for potato sprout suppression. *Natural product communications*, 5(4), 645-648. <https://doi.org/10.1177/1934578X1000500431>
- Owolabi, M. S., Olowua, R. A., Lajide, L., & Oladimeji, M. O. (2013). Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method. *Industrial Crops and Products*, 45, 83-87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.043>
- Paul, V., Ezekiel, R., & Pandey, R. (2016). Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1980-3>
- Paul, V., Pandey, R., Ezekiel, R., & Kumar, D. (2014). Potential of glyphosate as a sprout suppressant of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers during storage. *Indian Journal of Plant Physiology*, 19, Article 293305. <https://doi.org/10.1007/s40502-014-0106-7>
- Phogat, N., Siddiqui, S., & Dalal, N. (2019) Influence of sprout inhibiting treatments and packaging methods on storage performance of Kufri Chipsona 4 potato. *Indian Journal of Horticulture*, 76(4), 728-734. <https://doi.org/10.5958/0974-0112.2019.00115.4>
- Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.055>
- Şanlı, A., & Karadoğan, T. (2019). Carvone containing essential oils as sprout suppressants in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers at different storage temperatures. *Potato Research*, 62, 345-360. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-9415-6>
- Shukla, S., Pandey, S. S., Chandra, M., Pandey, A., Bharti, N., Barnawal, D., Chanotiya, C. S., Tandon, S., Darokar, M. P., & Kalra, A. (2019). Application of essential oils as a natural and alternate method for inhibiting and inducing the sprouting of potato tubers. *Food Chemistry*, 284, 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.079>
- Sihtmäe, M., Mortimer, M., Kahru, A., & Blinova, I. (2010). Toxicity of five anilines to crustaceans, protozoa and bacteria. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(9), 1291-1302. <https://doi.org/10.2298/JSC091219103S>
- Smith, M. J., & Bucher, G. J. E. II. (2012). Tools to study the degradation and loss of the N-phenyl carbamate chlorpropham – A comprehensive review. *Environment International*, 49, 38-50. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.005>
- Song, X., Bandara, M., & Tanino, K. K. (2008). Potato dormancy regulation: Use of essential oils for sprout suppression in potato storage. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 2, 110-117.
- Song, X., Bandara, M., Nash, B., Thomson, J., Pond, J., Wahab, J. & Tanino, K. K. (2009). Use of essential oils in sprout suppression and disease control in potato storage. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 3, 95-101.
- Teper-Bamnolker, P., Dudai, N., Fischer, R., Belau-sov, E., Zemach, H., Shoseyov, O., Eshel, D. (2010). Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. *Planta*, 232(1), 179-186. <https://doi.org/10.1007/s00425-010-1154-5>
- Vijay, P., Ezekiel, R., & Pandey, R. (2018). Use of CIPC as a potato sprout suppressant: Health and environmental concerns and future options. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10, 17-24. <https://doi.org/10.3920/QAS2017.1088>
- Visse-Mansiaux, M., Tallant, M., Brostaux, Y., Delaplace, P., Vanderschuren, H., & Dupuis, B. (2021). Assessment of pre- and post-harvest anti-sprouting treatments to replace CIPC for potato storage. *Postharvest Biology and Technology*, 176, Article 111540. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111540>
- Wang, Y., Naber, M. R., & Crosby, T. (2020). Effects of wound-healing management on potato post-harvest storability. *Agronomy*, 10(4), Article 512. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040512>

Overview of Methods of Processing Potatoes before Laying for Long-Term Storage

Nikolay Yu. Petrov

*Volgograd State Agricultural University
Federal Research Center of Agroecology of
the Russian Academy of Sciences
97, University Prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation
E-mail: npetrov60@list.ru*

Kristina R. Bikmetova

*Federal Research Center of Agroecology of
the Russian Academy of Sciences
97, University Prospect, Volgograd, 400062, Russian Federation
E-mail: c.bikmetova@yandex.ru*

During the period of long-term storage, potato tubers lose their marketable appearance and taste, modern methods to reduce losses during long-term storage of potatoes include treating tubers when loaded into storage with chemical and biological protective and stimulating agents, as well as germination inhibitors. Based on the data of foreign literature, the problem of insufficient knowledge of the toxicological effects of the main chemicals used is noted, in connection with this, there is a need to find an alternative. The article provides a review of the literature on various methods of processing potatoes before laying for long-term storage, with an emphasis on the use of essential oils as a more environmentally friendly alternative to chemicals of chemical origin. In this review, the authors rely on works published in peer-reviewed foreign and domestic publications. Relevant sources were selected in scientometric databases using search queries containing synonymous constructions. The necessity of processing tubers before laying for long-term storage in order to inhibit their germination, and hence to ensure the maintenance of the presentation and the level of nutrients, is indicated. Examples of the most commonly used drugs of chemical and biological origin are analyzed. Information is provided directly on the types of essential oils and their components used as inhibitors of the germination of potato tubers. The main conclusion of this review is the proven effectiveness of the use of essential oils of some plants as an environmentally friendly alternative to traditional drugs of chemical origin. In conclusion, the authors emphasize the expediency of using the treatment of potato tubers before long-term storage with essential oils of the following plant families: Umbelliferae, Rutaceae and Lamiaceae.

Keywords: potato storage, essential oils, ascorbic acid, inhibitors, CIPC, potato germination.

References

- Afinogenova, S. N. (2017). Povyshenie effektivnosti tekhnologii khraneniya kartofelya v khranilishchakh statsionarnogo tipa dlya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva [Improving the efficiency of potato storage technology in stationary storage facilities for agricultural production]. In *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Scientific and technological progress in agricultural production: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference] (pp. 13-19). Velikie Luki: Velikolukskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya.
- Aksenova, E. S. (2016). Innovatsionnaya tendentsiya v tekhnologii khraneniya i pererabotki prodovol'stvennogo kartofelya [Innovative Trend in Ware Potato Storage and Processing Technology]. In *Ugolovno-ispolnitel'naya politika i voprosy ispolneniya ugovnykh nakazanii: Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Penitentiary Policy and Issues of the Execution of Criminal Sanctions: Collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference] (pp. 1202-1210). Ryazan': Akademiya prava i upravleniya Federal'noi sluzhby ispolneniya nakazanii.
- Khaibullin, M. M., Aminev, I. N., & Ishkinina, F. F. (2013). Effektivnost' primeneniya biopreparatov dlya bor'by s fitoftorozom v period khraneniya kartofelya [The effectiveness of the use of biological products to combat late blight during storage of potatoes]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Bashkir State Agrarian University], 1, 45-46.

- Lugovaya, N. P., Belyaev, I. F., Lapko, T. A., & Trebukhin, I. V. (2013). Sposoby obrabotki kartofelya pered zakladkoi na khranenie [Methods for processing potatoes before storage]. *Pishchevaya promyshlennost': Nauka i tekhnologii* [Food Industry: Science and Technology], 2, 38-41.
- Mal'tsev, S. V., Andrianov, S. V., & Mityushkin, A. V. (2021). Effektivnost' primeneniya ingibitorov prorastaniya pri khranении sortov kartofelya razlichnogo tselevogo ispol'zovaniya [The effectiveness of the use of germination inhibitors during storage of potato varieties for various purposes]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potatoes and Vegetables], 3, 29-33. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.37.39.002>
- Mal'tsev, S. V., Pshechenkov, K. A., & Zeiruk, V. N. (2018). Vliyanie khimicheskikh i fizicheskikh metodov vozdеistviya na klubni kartofelya razlichnogo naznacheniya pri khranении [Influence of chemical and physical methods of influence on potato tubers for various purposes during storage]. In *Radiatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaistve i pishchevoi promyshlennosti: Sostoyanie i perspektivy: Sbornik dokladov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Radiation technologies in agriculture and food industry: Status and prospects: Collection of reports of the international scientific-practical conference] (pp. 285-289). Obninsk: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut radiologii i agroekologii.
- Medvedeva, I. N., Chernomordik, A. O., Smolin, A. M., & Solodnikov, S. Yu. (2011). Effektivnaya zashchita semennogo kartofelya v period khraneniya [Effective protection of seed potatoes during storage]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 4, 68-70.
- Pechentsov, I. M., & Svetlakov, A. G. (2017). Teoreticheskie aspekty protsessа khraneniya kartofelya [Theoretical aspects of the potato storage process]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agri-Food Policy of Russia], 6, 65-71.
- Prihod'ko, E. S. (2018). Vliyanie preparatov raznogo deistviya na khranenie klubnei kartofelya [The influence of preparations of different actions on the storage of potato tubers]. In *Sovremennye tendentsii v nauchnom obespechenii APK verkhnevolzhskogo regiona* [Modern trends in the scientific support of the agro-industrial complex of the Upper Volga region] (pp. 72-75). Suzdal': PresSto.
- Satarova, T. G., & Kamenek, L. K. (2009). Preparat dlya zashchity klubnei kartofelya vo vremya khraneniya [Preparation for protection of potato tubers during storage]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant Protection and Quarantine], 2, 50-50a.
- Savina, O. V., & Gorshkov, V. V. (2014). Innovatsionnaya tekhnologiya khraneniya kartofelya s ispol'zovaniem biologicheskogo preparata Biopag [Innovative potato storage technology using the biological preparation Biopag]. In *Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva, khraneniya i pererabotki produktsii rastenievodstva: Materialy mezhdunarodnoi yubileinoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Innovative technologies for the production, storage and processing of crop products: Proceedings of the International Anniversary Scientific and Practical Conference] (pp. 298-300). Ryazan': Ryazanskii gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet im. P. A. Kostycheva.
- Sukhovetskaya, V. A., Kystaubayeva, A. S., & Karashayeva, Zh. S. (2016). Vliyanie biopreparatov na khranenie kartofelya [The influence of biological products on the storage of potatoes]. *Nauka i mir* [Science and Peace], 8, 54-56.
- Zeiruk, V. N., Pshechenkov, K. A., & Vasil'eva, S. V. (2016). Podgotovka kartofelya k khranению [Preparing potatoes for storage]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant Protection and Quarantine], 11, 36-39.
- Afek, U., Orenstein, J., & Nuriel, E. (2000). Using HPP (hydrogen peroxide plus) to inhibit potato sprouting during storage. *American Journal of Potato Research*, 77(1), 63-65. <https://doi.org/10.1007/BF02853663>
- Al-Askar, A. A., Rashad, E. M., Ghoneem, K. M., Mostafa, A. A., Al-Otibi, F. O., & Saber, W. I. A. (2021). Discovering Penicillium polanicum with High-Lytic Capacity on Helianthus tuberosus Tubers: Oil-Based Preservation for Mold Management. *Plants (Basel)*, 10(2), Article 413. <https://doi.org/10.3390/plants10020413>
- Arnon-Rips, H., Sabag, A., Tepper-Bamnolker, P., Chalupovich, D., Levi-Kalishman, Y., Eshel, D., Porat, R., & Poverenov, E. (2020). Effective suppression of potato tuber sprouting using polysaccharide-based emulsified films for prolonged release of citral. *Food Hydrocolloids*, 103, Article 105644. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105644>
- Belay, D. W., Asfaw, Z., Lulekal, E., & Kassa, B. (2021). Farmers' management of potato (Solanum tuberosum L.) late blight (Phytophthora infestans (Mont.) de Bary) and sprouting in Shashemene and West Shewa districts, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), Article 1925432. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1925432>
- Bhattacharya, E., Biswas, S. M., & Pramanik, P. (2021). Maleic and l-tartaric acids as new anti-sprouting agents for potatoes during storage in comparison to other efficient sprout suppressants. *Scientific Reports*, 11(1), Article 20029. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99187-y>
- Boivin, M., Bourdeau, N., Barnabe, S., & Desgagne-Penix, I. (2021). Black spruce extracts reveal antimicrobial and sprout suppressive potentials to prevent potato (Solanum tuberosum L.) losses during storage. *Journal of Agriculture and Food*

- Research*, 5, Article 100187. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100187>
- Campbell, M., Adams, R., Dobry, E., Dobson, K., Stefanick, V., & Till, J. (2019). The sprout regulating compound 1,4-dimethylnaphthalene exhibits fungistatic activity. *Journal of Agronomy Research*, 1, 27-34. <https://doi.org/10.14302/ISSN.2639-3166.JAR-18-2502>
- Daniels-Lake, B., Olsen, N., Delgado, H. L., & Zink, R. (2013). *Efficacy of potato sprout control products to minimize sprout production*. North America: North American Plant Protection Organization.
- De Blauwer, V., Demeulemeester, K., Demeyere, A., & Hofmans, E. (2012). Maleic hydrazide: Sprout suppression of potatoes in the field. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 77(3), 343-351.
- Delaplace, P., Brostaux, Y., Fauconnier, M. L., & du Jardin, P. (2008). Potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber physiological age index is a valid reference frame in postharvest ageing studies. *Postharvest Biology and Technology*, 50(1), 103-106. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.002>
- Gómez-Castillo, D., Cruza, E., Iguaz, A., & Arroqui, C. (2013). Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 82, 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.017>
- Gumbo, N., Magwaza, L. S., & Ngobese, N. Z. (2021). Evaluating ecologically acceptable sprout suppressants for enhancing dormancy and potato storability: A review. *Plants*, 10(11), Article 2307. <https://doi.org/10.3390/plants10112307>
- Jia, B., Xu, L., Guan, W., Lin, Q., Brennan, C. S., Yan, R., & Zhao, H. (2019). Effect of citronella essential oil fumigation on sprout suppression and quality of potato tubers during storage. *Food Chemistry*, 284, 254-258. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.119>
- Juncker, J. C. (2019). Reglement d'exécution (UE) 2019/989 de la commission du 17 juin 2019, in L 160/11. Bruxelles: Ed by europeenne C. *Journal officiel de l'Union européenne*, 989, 198-202.
- Lengliz, O., Mejri, J., Abderrabba, M., Khalifa, R., & Mejri, M. (2018). Ruta chalepensis L. Essential Oil: A New Antisprouting Agent for Potatoes Bioconservation. *Journal of Chemistry*, 2018, Article 8547851. <https://doi.org/10.1155/2018/8547851>
- Moore, A., Sullivan, D. M., Olsen, N., Hutchinson, P. J. S., Wharton, P., & Wenninger, E. J. (2020). Organic Potato Production. In Stark J., Thornton M., Nolte P. (Eds.). *Potato Production Systems* (pp. 101-131). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_6
- Owolabi, M. S., Lajide, L., Oladimeji, M. O., & Setzer, W. N. (2010). The Effect of essential oil formulations for potato sprout suppression. *Natural product communications*, 5(4), 645-648. <https://doi.org/10.1177/1934578X1000500431>
- Owolabi, M. S., Olowua, R. A., Lajide, L., & Oladimeji, M. O. (2013). Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method. *Industrial Crops and Products*, 45, 83-87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.043>
- Paul, V., Ezekiel, R., Pandey, R. (2016). Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1980-3>
- Paul, V., Pandey, R., Ezekiel, R., & Kumar, D. (2014). Potential of glyphosate as a sprout suppressant of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers during storage. *Indian Journal of Plant Physiology*, 19, Article 293305. <https://doi.org/10.1007/s40502-014-0106-7>
- Phogat, N., Siddiqui, S., & Dalal, N. (2019) Influence of sprout inhibiting treatments and packaging methods on storage performance of Kufri Chipsona 4 potato. *Indian Journal of Horticulture*, 76(4), 728-734. <https://doi.org/10.5958/0974-0112.2019.00115.4>
- Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.055>
- Şanlı, A., & Karadoğan, T. (2019). Carvone containing essential oils as sprout suppressants in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers at different storage temperatures. *Potato Research*, 62, 345-360. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-9415-6>
- Shukla, S., Pandey, S. S., Chandra, M., Pandey, A., Bharti, N., Barnawal, D., Chanotiya, C. S., Tandon, S., Darokar, M. P., & Kalra, A. (2019). Application of essential oils as a natural and alternate method for inhibiting and inducing the sprouting of potato tubers. *Food Chemistry*, 284, 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.079>
- Sihtmäe, M., Mortimer, M., Kahru, A., & Blinova, I. (2010). Toxicity of five anilines to crustaceans, protozoa and bacteria. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(9), 1291-1302. <https://doi.org/10.2298/JSC091219103S>
- Smith, M. J., & Bucher, G. J. E. II. (2012). Tools to study the degradation and loss of the N-phenyl carbamate chlorpropham – A comprehensive review. *Environment International*, 49, 38-50. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.005>
- Song, X., Bandara, M., & Tanino, K. K. (2008). Potato dormancy regulation: Use of essential oils for sprout suppression in potato storage. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 2, 110-117.

- Song, X., Bandara, M., Nash, B., Thomson, J., Pond, J., Wahab, J. & Tanino, K. K. (2009). Use of essential oils in sprout suppression and disease control in potato storage. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 3, 95-101.
- Teper-Bamnolker, P., Dudai, N., Fischer, R., Belau-
sov, E., Zemach, H., Shoseyov, O., Eshel, D. (2010). Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. *Planta*, 232(1), 179-186. <https://doi.org/10.1007/s00425-010-1154-5>
- Vijay, P., Ezekiel, R., & Pandey, R. (2018). Use of CIPC as a potato sprout suppressant: Health and environmental concerns and future op-
tions. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10, 17-24. <https://doi.org/10.3920/QAS2017.1088>
- Visse-Mansiaux, M., Tallant, M., Brostaux, Y., Dela-
place, P., Vanderschuren, H., & Dupuis, B. (2021). Assessment of pre- and post-harvest anti-sprouting treatments to replace CIPC for potato storage. *Postharvest Biology and Technology*, 176, Article 111540. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111540>
- Wang, Y., Naber, M. R., & Crosby, T. (2020). Effects of wound-healing management on potato post-harvest storability. *Agronomy*, 10(4), Article 512. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040512>