

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ГИДРОПОННЫХ СУБСТРАТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

М.А. Погорелова, О.А. Суворов, А.Л. Кузнецов, А.И. Панаит, А.Г. Погорелов

*Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
Московская область, г. Пущино, Россия*

Необходимость удовлетворения потребностей населения в продуктах питания приводит к увеличению выпуска сельскохозяйственной продукции методом гидропонического культивирования. Проблемы микробиологического заражения и дезинфекции сложных поверхностей гидропонных субстратов (на примере керамзита) требуют простых и надежных технологий обработки и контроля качества. Наличие шероховатостей и пористости материалов приводит к бесконечной борьбе с заражением поверхности, так как после первичного заражения пор покрытия отмыть проникшие в сложную структуру микроорганизмы практически невозможно. Поры керамзита и питательные составы, индивидуально подбираемые для каждой культуры, являются идеальными условиями для развития бактериологических конгломератов и симбиозов, в некоторых запущенных случаях это приводит к необходимости извлечения субстрата в связи с необратимым ростом скоплений микроорганизмов и риском полного заражения технологических линий. Целью исследований являлась разработка безопасного способа обеззараживания гидропонных субстратов агропромышленных комплексов. Для реализации поставленной были выделены следующие задачи: искусственное заражение гранул керамзита характерными для гидропонных субстратов конгломератами и симбиозами микроорганизмов; изучение структуры биопленки зараженных гранул; разработка метода обеззараживания гидропонных субстратов на примере гранул керамзита. По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что применение электрохимически активированных растворов, на примере моющего и дезинфицирующего раствора Анолита АНК СУПЕР, позволяет частично отмыть отдельные группы микроорганизмов и их конгломератов, однако требуется тщательный анализ методик очистки, в том числе с подбором гидродинамических условий мойки. В промышленном использовании данный способ обеззараживания совместно с оценкой эффективности методом электронной микроскопии может дать положительный эффект.

Ключевые слова: выращивание растений, гидропонные покрытия, керамзит, АПК, анолит, безопасность, электронная микроскопия, агропромышленность, обеззараживание, субстрат.

Введение

Запасы продовольствия растительного происхождения и ресурсов для его активного восполнения ежегодно сокращаются. Снижение количества пригодных посевных площадей и объемы производства в естественных условиях не могут удовлетворить всех потребностей населения планеты. По данным ВОЗ, число голодающих в мире достигло 821 миллионов человек в 2017 году, и это означает, что голод затрагивает каждого девятого человека на планете («Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2018») [1]. В ежегодном докладе ООН было отмечено, что изменчивость климата, влияющая на нормы выпадения осадков, посевные сезоны, экстремальные природные явления (засухи и наводнения) являются одними из ключевых факторов рос-

та голода. В этой связи все больше внимания уделяется альтернативным способам выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе методом гидропонического культивирования.

Гидропоника – это способ выращивания растений на искусственных средах без почвы. Питание растения получают из питательного раствора, окружающего корни. Выращивание растений данным методом менее трудоемко, чем в почвенной культуре, вода и питательные вещества расходуются экономнее. В качестве заменителей грунта используются гравий, щебень, кокосовое волокно и другие природные материалы, а также некоторые пористые материалы – керамзит, вермикулит, перлит, иониты, цеолиты [2].

Искусственные субстраты начали применять в XX в. как наиболее дешевые и доступ-

ные заменители, среди прочих керамзит – круглые гранулы диаметром до 40 мм, с гладкой, мало подверженной химическим воздействиям поверхностью. Керамзит получают из бескарбонатных глин путем обжига при температуре 1200 °С. На сегодняшний день более 270 заводов в 50 странах мира ежегодно производят около 73 млн м³ керамзита. Благодаря доступности, хорошим теплопроводящим и влагоудерживающим свойствам он получил широкое применение в гидропонных теплицах в качестве субстрата.

К основным критериям выбора данного материала в качестве субстрата относятся экологичность, инертность, восполнимость, возможность переработки. Со временем при использовании керамзит засоряется не только легкорастворимыми, но и труднорастворимыми солями. Кроме того, через 7–8 лет в нем накапливаются фенолкарбоновые кислоты и еще более токсичные вещества неизвестной природы. Появление токсичных веществ неизвестной природы считается следствием накопления в керамзите корневых остатков и ила, способствующих переувлажнению и созданию анаэробных условий среды. Кроме того, сам керамзит со временем разрушается, из-за чего ухудшаются его влагоемкость и пористость. Поэтому через каждые 2–3 года использования керамзит необходимо очищать и промывать, после чего его можно применять повторно. Очистка от корней и илестых частиц проводится с помощью просеивания через грохот и затопления водой снизу в лотках. Для очистки от фенолкарбоновых кислот субстрат промывают 5 %ным раствором аммиака [2].

Пригодность керамзита к повторному использованию, как правило, определяется следующим образом: 100 г керамзита заливают 500 мл 1 %-ной соляной кислоты и через 5 суток определяют состав вытяжки. Керамзит считается пригодным, если в растворе обнаружено не более 50 мг Са, 100 мг Al₂O₃, 20 мг Mg, 4 мг Na и 7 мг К. Поскольку основным параметром пригодности служит солевой состав, описанные выше операции не обеспечивают достаточную эффективность обеззараживания, а это приводит к распространению специфических микроорганизмов, в том числе бактерий и их спор в порах керамзита [3, 4].

Поры керамзита и питательные составы, индивидуально подбираемые для каждой культуры, являются идеальными условиями

для развития бактериологических конгломератов и симбиозов, в некоторых запущенных случаях это приводит к необходимости извлечения субстрата в связи с необратимым ростом скоплений микроорганизмов и риском полного заражения технологических линий [13].

Цель и задачи исследования

Целью исследований являлась разработка безопасного способа обеззараживания гидропонных субстратов агропромышленных комплексов. Для реализации поставленной были выделены следующие задачи: искусственное заражение гранул керамзита характерными для гидропонных субстратов конгломератами и симбиозами микроорганизмов; изучение структуры биопленки зараженных гранул; разработка метода обеззараживания гидропонных субстратов на примере гранул керамзита.

Существующие методы обеззараживания гидропонных субстратов

В целом, для агропромышленных комплексов проблемы обеззараживания гидропонных субстратов не являются новыми. Среди прочих методов обработки можно выделить следующие технологические подходы:

– пропаривание с помощью специальных паровых борон, а также под пленкой при температуре пара 100 °С. Цикл обработки составляет 6–14 ч;

– термоэлектрический способ обеззараживания субстрата, разработанный в России с использованием переносных термоэлектрических матов размером 2,0×1,2 м каждый. Цикл данной обработки составляет 10–12 ч. За это время деятельность патогенных организмов практически подавляется [5];

– метод с использованием электромагнитного излучения с длиной волны 12,2 см при частоте 2450 МГц, разработанный в Австрии [5];

– внесение коры твердых древесных пород для подавления развития болезней, вызываемых *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, разработанный в Италии [6];

– обработка субстрата химическими препаратами против комплекса почвенных патогенов. Например, внесение 85 %-ного порошка Тиазона за 30 дней до посева семян или посадки рассады (1500 кг/га); стерилизация субстратов для оранжерей и парников 40 %-ным водным раствором Карбатиона (1 л/м³) не менее чем за 30 дней до ее использования [3];

– УФ обработка поверхностей субстрата, однако, как показала практика, такой способ не позволяет полностью уничтожать микроорганизмы, лишь тормозит процесс распространения [3];

– электрофизические способы обработки субстрата [3].

Каждый способ имеет свои достоинства и недостатки. Например, активные химические препараты могут способствовать образованию и накоплению токсичных соединений в гидропонном керамзите и наносить ущерб окружающей среде, а использование электрофизических способов воздействия может быть экономически неэффективным [2].

Как правило, в гидропонных теплицах заражение субстрата происходит не локально, а повсеместно, так как споры, мицелий и вирусы разносятся питательным раствором по всей теплице. Перед обеззараживанием гидропонный влагоемкий субстрат перекапывают, перемешивают или извлекают (при небольших объемах и технической возможности) и дезинфицируют 5 %-ным раствором формалина, который предварительно готовят в дополнительном резервуаре или в емкости для питательного раствора. Затем раствор при помощи насосной установки по системе труб подают в поддоны. Продолжительность обработки составляет 3–4 суток.

Как известно, формалин – водный раствор формальдегида, стабилизированный метанолом, токсичное соединение, при попадании в живой организм может повредить клетки крови и привести к ацидозу – состоянию, при котором в крови человека содержится слишком много кислоты. Последнее происходит, поскольку одним из продуктов метаболизма формальдегида является муравьиная кислота. В этой связи актуален поиск способов безопасного обеззараживания субстратов, позволяющих полностью и безопасно разрушить бактериологические конгломераты и симбиозы. Среди активно развивающихся безопасных технологий можно выделить технологию электрохимической активации.

Обработка гидропонных субстратов на примере гранул керамзита электрохимически активированными растворами

Электрохимическая активация (ЭХА) представляет собой физико-химический процесс, в ходе которого из воды и растворенных в ней веществ образуются разнообразные метастабильные высокоактивные соединения,

изменяется состав растворенных газов, кислотности-основности и окислительно-восстановительные свойства воды отклоняются в пределах намного больших, чем при эквивалентном химическом регулировании. В процессе ЭХА синтезируются химические реагенты, применение которых вместо традиционных стабильных химических реагентов позволяет уменьшить или полностью исключить использование последних [7].

Технология ЭХА реализуется с применением специального электрохимического оборудования, обеспечивающего диафрагменный электролиз солевого раствора. Методом электрохимического разложения водного раствора хлорида натрия получают экологически чистый стерилизующий и дезинфицирующий раствор (Анолит АНК СУПЕР, далее – анолит), используемый медицинскими учреждениями, на станциях водоподготовки, предприятиями пищевой промышленности, агропромышленного комплекса, коммунального хозяйства.

Анолит представляет собой метастабильную смесь хлоркислородных и гидропероксидных оксидантов (хлорноватистой кислоты, гипохлорит-иона, диоксида хлора, озона, перекиси водорода, соединений активного кислорода) в суммарной концентрации 500 ± 50 мг/л. Водородный показатель анолита находится в интервале pH 5,0–6,5, окислительно-восстановительный потенциал составляет 800–1000 мВ, общее содержание растворенных веществ не превышает 0,9 г/л [8, 9].

Неоспоримым преимуществом средства является безопасность для окружающей среды и для людей (4 класс малоопасных веществ по ГОСТ 12.1.007-76) вследствие полного разложения до пресной воды после использования. Анолит не накапливается во внешней среде, не требует ополаскивания поверхностей после применения [8, 13]. Схема устройства модуля ЭХА представлена на рис. 1.

Основой выбранного подхода являются представления об экологических и экономических преимуществах практического применения активированных веществ перед традиционными стабильными химическими реагентами в сельском хозяйстве. Эти представления полностью соответствуют принципиальным позициям «зеленых» технологий и способам безопасного обеззараживания гидропонных субстратов и оборудования агропромышленных комплексов.

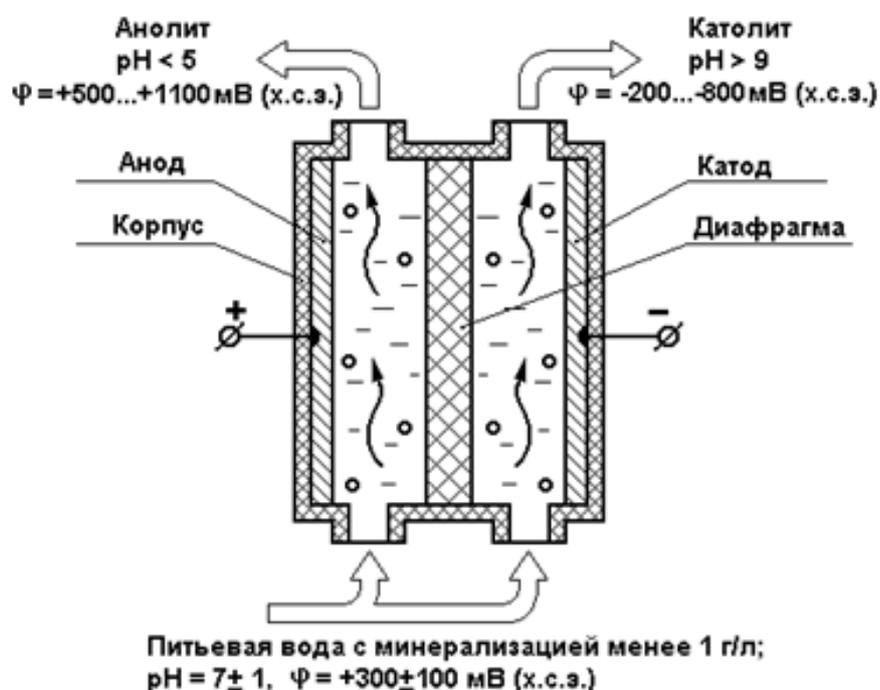


Рис. 1. Принципиальная схема устройства модуля ЭХА

Для обработки гидропонных субстратов на примере гранул керамзита были использованы рекомендуемые параметры обработки и выдержки образцов при температуре 20 °С и 60 минут экспозиции. Суммарная концентрация оксидантов в эквиваленте активного хлора составляла 500 мг/л. В процессе обработки была применена как статичная схема обработки методом перекачивания электрохимически активированного раствора через объём загрязненного керамзита, так и динамическая схема обработки с перемешиванием и последующей обработкой, имитирующая изъятия слоя зараженного керамзита для обеззараживания (или утилизации).

Электронная микроскопия как метод оценки эффективности обеззараживания

Электронная микроскопия как совокупность методов исследования с помощью электронных микроскопов микроструктур тел, их локального состава и локализованных на поверхностях или в микрообъемах тел электрических и магнитных полей, позволяет детально рассмотреть воздействие водного дезинфицирующего раствора на гранулы керамзита, в том числе оценить микроструктуру, качественный состав и глубину заражения [10–12, 16]. Ввиду сложности формы поверхности материала подготовка микропрепаратов для

анализа результатов очистки возможна только по окончании эксперимента [14, 15].

Среди всего многообразия гидропонных субстратов для эксперимента были выбраны гранулы керамзита, обладающие пористой структурой и способные пропускать и аккумулировать влагу.

Керамзит – лёгкий пористый материал, получаемый путём обжига глины или глинистого сланца, в экспериментах была использована фракция 5–10 мм.

Свойства керамзита облегчают микроскопическое исследование биопленок, образовавшихся на его поверхности, а также позволяют оценить изменения в глубинных слоях материала. Для оценки эффективности применялась как световая, так и электронная микроскопия (Альтами 105, Россия; JSM-6390A, Япония)

Результаты и их обсуждение

Для обработки гидропонных субстратов на примере гранул керамзита был собран лабораторный стенд, состоящий из резервуара для реагента обработки с установленным насосом подачи, камера обработки с возможностью установки перемешивающего устройства и сливной бак для сброса прореагировавшего реагента. После проведения первых экспериментов схема была доработана и образо-

Актуальные проблемы развития пищевых и биотехнологий

ван замкнутый контур обработки. В качестве фактора ограничения количества циклов обработки был выбран факт снижения концентрации оксидантов в эквиваленте активного хлора с 500 до 300 мг/л, так как со снижением концентрации увеличивалось требуемое время для достижения целей обработки. Для возможности повторения экспериментов на идентичных образцах и проведения изучения воздействия электрохимически активированного раствора (раствор Анолита) также был использован биореактор с загрузкой гранул керамзита, перемешиванием и последующим заражением микроорганизмами, проникающими в поры и образующие скопления и биопленки на поверхности гранул. В качестве тест системы заражения были использованы *Bifidobacterium bifidum* (готовый препарат Бифидумбактерин) и с добавлением *Escheri-*

chia coli (готовый препарат Бификол).

Для однородности изучаемой среды были отобраны гранулы керамзита Ø7 мм. После заражения микроорганизмами и выдержкой в биореакторе в течение 7 суток образцы изымались для проведения обработки.

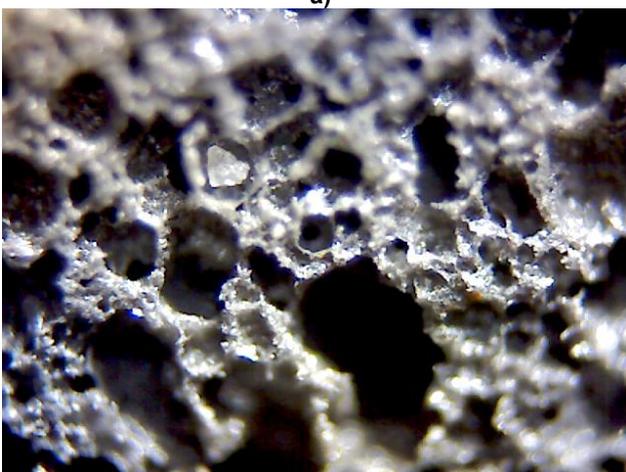
После выдержки гранул керамзита Ø7 мм в течение 7 суток в искусственно зараженной водной среде было проведено первичное световое микроскопирование. Визуальное сравнение поверхности и среза зараженных гранул до и после обработки при увеличении ×200 представлено на рис. 2. Представленные результаты получены при обработке на экспериментальном стенде с циклическим использованием раствора анолита (суммарная концентрация оксидантов в эквиваленте активного хлора снижалась с 500 мг/л до значений не ниже 300 мг/л) в течение 60 минут при постоянном перемеши-



а)

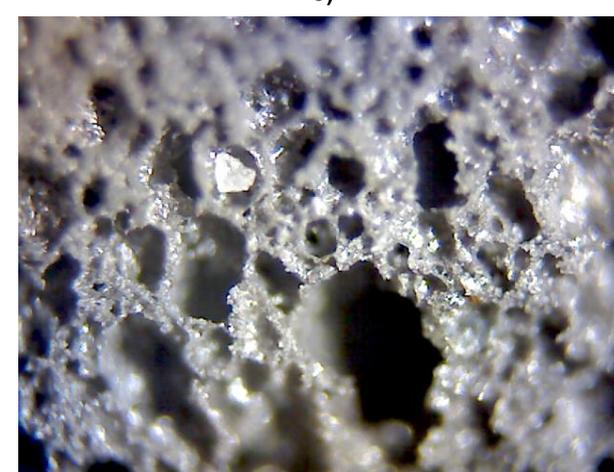


б)



в)

Образец зараженной гранулы керамзита до обработки



г)

Образец зараженной гранулы керамзита после обработки

Рис. 2. Визуальное сравнение гранул керамзита, увеличение ×200:
а, б – поверхность гранулы керамзита до и после обработки анолитом;
в, г – поверхность на срезе гранулы керамзита до и после обработки анолитом

вании. В результате проведенных экспериментов было установлено, что перемешивание необходимо для более интенсивного контакта обрабатываемого образца с реагентом обработки, поэтому представлены результаты только с использованием перемешивания.

При сравнении двух образцов поверхностей можно обратить внимание, что необработанный образец (рис. 2а) покрыт белым налетом, в основном в неровностях поверхности и впадинах. Обработанный в течение 60 минут в анолите образец (рис. 2б) имеет отдельные белёсые вкрапления, в то же время следов сплошной пленки и отдельных участков заражения при разрешении $\times 200$ не наблюдается.

Микросрезы гранул (рис. 2в, рис. 2г) также не дают представления о наличии (остатков) микробиологического поражения гранул. На микрофотографии видны полости и песчинка кварцевого песка. Едва заметный белый налет можно принять за блики от отдельных микроспесчинок песка, однако, при увеличении $\times 5000$ становятся видны остатки, следы и даже живые клетки микроорганизмов, образовавших первичный матрикс на сложной поверхности керамзита.

Сравнение гранул керамзита при увеличении $\times 5000$ представлено на рис. 3.

При сравнении двух образцов поверхностей можно обратить внимание, что поверхность необработанной гранулы (рис. 3а) покрыта плотной пленкой, присутствуют и отдельные крупные клетки, в том числе кокки и палочки. После применения анолита слабо закрепленные участки биопленки были смыты

с поверхности без дополнительной обработки (рис. 3б).

После визуальной оценки и анализа обработанной поверхности методом электронной микроскопии было установлено, что микроорганизмы не погибли полностью, хотя их рост был ингибирован. По-видимому, труднодоступные для промывания участки гранул полностью были заполнены скоплением микроорганизмов и покрыты слизью с целью защиты от внешних воздействий.

Для более детальной оценки воздействия анолита на биопленки на поверхности керамзита были проведены исследования при увеличении $\times 8000$. Микрофотографии приведены на рис. 4.

При разрешении $\times 8000$ было выявлено, что помимо смывания плохо закрепившихся отдельных клеток, в некоторых случаях была нарушена слизистая защитная пленка и смыта часть клеток, в результате чего при сравнении двух образцов на рис. 4б видна поверхность чистого керамзита, без прикрепленных микроорганизмов. Возможно, подобные участки могли появиться от удара гранул при обработке, однако, их частота и количественное соотношение по сравнению с необработанными гранулами (рис. 4а) позволяют сделать вывод о частичном смыве.

Выводы

Альтернативные способы выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе методом гидропонического культивирования, имеют большие перспективы при решении вопросов микробиологического заражения

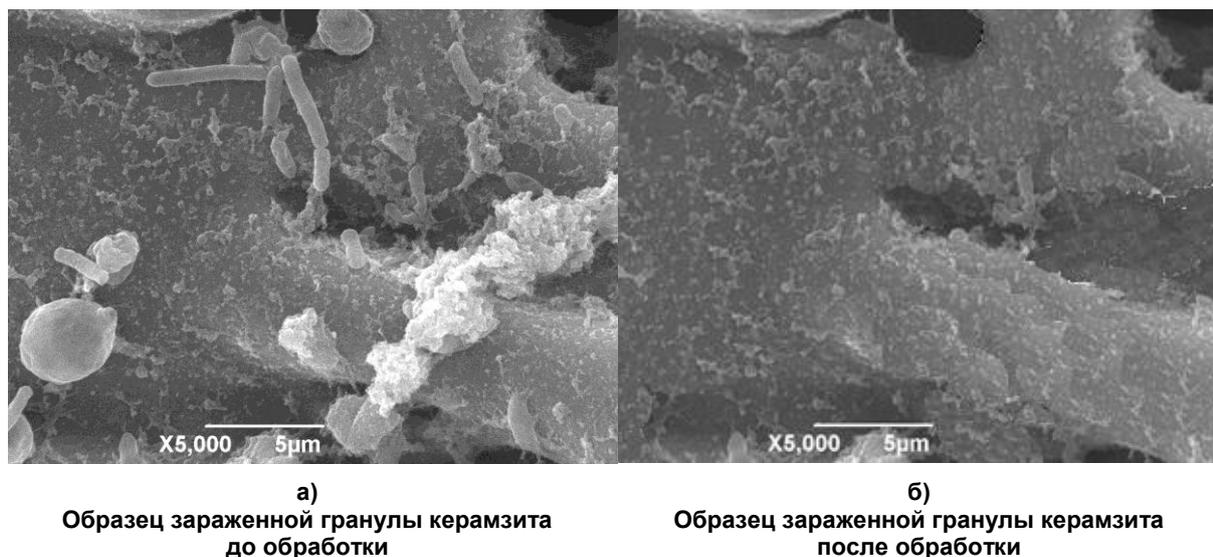


Рис. 3. Микрофотографии гранул керамзита, увеличение $\times 5000$



Рис. 4. Микрофотографии гранул керамзита, увеличение $\times 8000$

покрытий и питательных субстратов. Одним из основных путей решения проблемы микробиологического заражения и дезинфекции сложных поверхностей гидропонных субстратов (на примере керамзита) является поиск простых и надежных технологий обработки и контроля качества.

Наличие шероховатостей и пористости материалов, как показали результаты электронной микроскопии, приводит к бесконечной борьбе с заражением поверхности, так как после первичного заражения пор покрытия отмыть проникшие в сложную структуру микроорганизмы практически невозможно. Перемешивание и наибольший контакт обрабатываемых поверхностей с электрохимически активированным раствором даёт значительно больший эффект, чем при статичной обработке.

Применение электрохимически активированных растворов, на примере моющего и дезинфицирующего раствора Анолита АНК СУПЕР, позволяет частично отмыть отдельные группы микроорганизмов и их конгломератов, однако требуется тщательный анализ методик очистки, в том числе с подбором гидродинамических условий мойки. В промышленном использовании данный способ обеззараживания совместно с оценкой эффективности методом электронной микроскопии может дать положительный эффект.

Поддержка проекта и финансирование

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 17-76-20014).

Литература

1. *ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. 2018. Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2018. Повышение устойчивости к климатическим воздействиям в целях обеспечения продовольственной безопасности и питания. Рим, ФАО. 181 с.*
2. *Климова Е.В. Перспективные исследования и разработки по эффективному использованию энергоресурсов в сельском хозяйстве // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2004. – № 1. – С. 19.*
3. *Защита растений от болезней в теплицах: справочник / под ред. А.К. Ахатова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2002. – 464 с.*
4. *Целикина Н.В. Выбор и обоснование оптимальных показателей микроклимата при выращивании огурца в малообъемных гидропонных теплицах / Н.В. Целикина, М.Н. Павлова // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов. – Рязань, 2002. – С. 32–36.*

5. Кабалоев Т.Х. Температурное поле тепличной почвы при термоэлектрическом способе нагрева / Т.Х. Кабалоев, К.К. Гатуева, Т.М. Гокоев, Л.С. Никколова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55, № 4. – С. 148–152.

6. Басарыгина Е.М. ЭКО-модуль для фермерских хозяйств / Е.М. Басарыгина, Т.А. Путилова, Р.И. Панова // Агробиологическая политика России. 2015. № 1 (37). С. 40–43.

7. Бахир В.М. Электрохимическая активация. М.: Вива-Стар, 2014. – 511 с.

8. Инструкция № ДА 004-13 по применению дезинфицирующего средства "Анолит АНК СУПЕР", получаемого на установке "СТЭЛ-АНК-СУПЕР", для целей дезинфекции на предприятиях молочной промышленности. Москва. – 2013.

9. Нестерова Н.В. Использование электротехнологии озонирования на предприятиях АПК / Н.В. Нестерова, А.Н. Мануйленко // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX международной научно-практической конференции / под общ. ред. В.А. Трушкина. – 2018. – С. 159–160.

10. Экспериментальное моделирование биопленки: структура, дезинтеграция и визуализация // М.А. Погорелова, А.Л. Кузнецов, О.А. Суворов // Сборник научных трудов ГНБС. – 2017. – Т. 144, Ч. II. – С. 152–155.

11. Погорелова М.А., Кузнецов А.Л., Суворов О.А., Козлов И.В., Погорелов А.Г. Устройство для очистки гидропонного покрытия. Патент на полезную модель №188140, опубл. 01.04.2019, бюл. №10.

12. Pogorelova M.A., Kuznetsov A.L., Suvorov O.A., Pogorelov A.G. Electrochemically reduced water removes biofilm formed with lactic bacteria // Russian Journal of Biological Physics and Chemistry. – 2018. – Vol. 3, № 2. – P. 447–450.

13. Малеев Б.В. Активированная вода. Промышленные технологии обеззараживания замкнутых пространств // Чистая вода: проблемы и решения. – 2011. – № 1-2. – С. 100–101.

14. Лыскина, К.Ю. К вопросу об эффективности Технического регламента Таможенного Союза как инструмента обеспечения качества продукции / К.Ю. Лыскина, Ю.И. Кретова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 12–19. DOI: 10.14529/food180402

15. Pogorelov A.G., Gavriilyuk V.B., Pogorelova V.N., Gavriilyuk B.K. Scanning Electron Microscopy of Biosynthetic Wound Dressings Biocol // Bull Exp Biol Med. – 2012. – V. 154. – P. 167–170.

16. Pogorelov A.G., Chebotar I.V., Pogorelova V.N. Scanning electron microscopy of biofilms adherent to the inner catheter surface // Bull Exp Biol Med. – 2014. – Vol. 157. – P. 711–714.

Погорелова Мария Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биосистем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» Российской академии наук (г. Пущино), rogm2007@rambler.ru

Суворов Олег Александрович, кандидат технических наук, сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биосистем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» Российской академии наук (г. Пущино), 79264003948@ya.ru

Кузнецов Александр Львович, кандидат технических наук, сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биосистем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» Российской академии наук (г. Пущино), a.l.kuznetsov@bk.ru

Панайт Артём Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории функциональной микроскопии биосистем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» Российской академии наук (г. Пущино), panait-artem@rambler.ru

Погорелов Александр Григорьевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией функциональной микроскопии биосистем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт теоретической и экспериментальной биофизики» Российской академии наук, (г. Пущино), agpogorelov@rambler.ru

Поступила в редакцию 12 декабря 2019 г.

ACTUAL PROBLEMS OF SAFE DISINFECTION OF HYDROPONIC SUBSTRATES OF AGRICULTURAL COMPLEXES**M.A. Pogorelova, O.A. Suvorov, A.L. Kuznetsov, A.I. Panait, A.G. Pogorelov***Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region*

The need to meet the needs of the population for food leads to an increase in agricultural output by hydroponic cultivation. The problems of microbiological infection and disinfection of complex surfaces of hydroponic substrates (for example, expanded clay) requires simple and reliable processing technologies and quality control. The presence of roughness and porosity of materials leads to an endless fight against surface contamination, since after the initial infection of the pores of the coating, it is practically impossible to wash the microorganisms that have penetrated the complex structure. Expanded clay pores and nutritional compositions individually selected for each culture are ideal conditions for the development of bacteriological conglomerates and symbioses; in some neglected cases, this leads to the need to extract the substrate due to the irreversible growth of accumulations of microorganisms and the risk of complete infection of technological lines. The aim of the research was to develop a safe method for the decontamination of hydroponic substrates of agricultural complexes. To achieve this, the following tasks were identified: artificial infection of expanded clay granules with conglomerates and symbioses of microorganisms characteristic of hydroponic substrates; study of the biofilm structure of infected granules; development of a method for disinfecting hydroponic substrates by the example of expanded clay granules. According to the results of this work, it can be concluded that the use of electrochemically activated solutions, using the Anolyte ANK SUPER washing and disinfecting solution as an example, allows partial washing of certain groups of microorganisms and their conglomerates, however, a thorough analysis of cleaning methods, including the selection of hydrodynamic washing conditions, is required. In industrial use, this disinfection method together with the evaluation of effectiveness by electron microscopy can give a positive effect.

Keywords: plant cultivation, hydroponic coatings, expanded clay, agro-industrial complex, anolyte, safety, electron microscopy, agricultural industry, disinfection, substrate.

References

1. FAO, MFSR, YUNISEF, VPP i VOZ. 2018. *Polozheniye del v oblasti prodo-vol'stvennoy bezopasnosti i pitaniya v mire – 2018. Povysheniye ustoychivosti k klimaticheskim vozdeystviyam v tselyakh obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti i pitaniya* [FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2018. The state of food security and nutrition in the world – 2018. Improving climate resilience to ensure food security and nutrition]. Rome, FAO. 181 p.
2. Klimova E.V. [Promising research and development on the efficient use of energy in agriculture]. *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK* [Environmental safety in the agricultural sector], 2004, no. 1, p. 19. (in Russ.)
3. Akhatov A.K. (Ed.) *Zashchita rasteniy ot bolezney v teplitsakh* [Protection of plants from diseases in greenhouses]. Moscow, 2002. 464 p.
4. Tselikina N.V., Pavlova M.N. [Choice and justification of optimal microclimate indicators when growing cucumber in low-volume hydroponic greenhouses]. *Sovremennyye energo- i resursosberegayushchiye, ekologicheski ustoychivyye tekhnologii i sistemy sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Modern energy and resource saving, environmentally sustainable technologies and agricultural production systems. Collection of scientific papers]. Ryazan, 2002, pp. 32–36. (in Russ.)
5. Kabaloev T.Kh., Gatueva K.K., Gokoev T.M., Nikkolova L.S. The temperature field of greenhouse soil with a thermoelectric heating method. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Gorsky State Agrarian University], 2018, vol. 55, no. 4, pp. 148–152. (in Russ.)
6. Basarygina E.M., Putilova T.A., Panova R.I. [ECO module for farms]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agri-food policy of Russia], 2015, no. 1 (37), pp. 40–43. (in Russ.)
7. Bahir V.M. *Elektrokhimicheskaya aktivatsiya* [Electrochemical activation]. Moscow, 2014. 511 p.

8. *Instruktsiya № DA 004-13 po primeneniyu dezinfitsiruyushchego sredstva "Anolit ANK SUPER", poluchayemogo na ustanovke "STEL-ANK-SUPER", dlya tseley dezinfektsii na predpriyatiyakh molochnoy promyshlennosti* [Instruction No. DA 004-13 on the use of the Anolyte ANK SUPER disinfectant obtained at the STEL-ANK-SUPER installation for disinfection at dairy enterprises]. Moscow, 2013.

9. Nesterova N.V., Manuilenko A.N. [The use of electrotechnology of ozonation at agricultural enterprises. In the collection: Actual problems of the energy sector of the agro-industrial complex]. *Aktual'nyye problemy energo-tiki APK. Materialy IKH mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Materials of the IX international scientific and practical conference], 2018, pp. 159–160. (in Russ.)

10. Pogorelova M.A., Kuznetsov A.L., Suvorov O.A., Ipatova L.G., Pogorelov A.G. [Experimental modeling of biofilm: structure, disintegration and visualization]. *Sbornik nauchnykh trudov GNBS* [Collection of scientific works of the GNSS], 2017, vol. 144, part II, pp. 152–155. (in Russ.)

11. Pogorelova M.A., Kuznetsov A.L., Suvorov O.A., Kozlov I.V., Pogorelov A.G. *Ustroystvo dlya ochistki gidroponnogo pokrytiya* [A device for cleaning hydroponic coatings]. Utility Model Patent No. 188140, publ. 04/01/2019, bull. No. 10.

12. Pogorelova M.A., Kuznetsov A.L., Suvorov O.A., Pogorelov A.G. Electrochemically reduced water removes biofilm formed with lactic bacteria. *Russian Journal of Biological Physics and Chemistry*, 2018, vol. 3, no. 2, pp. 447–450.

13. Maleev B.V. [Activated water. Industrial Technologies for Disinfection of Confined Spaces]. *Chistaya voda: problemy i resheniya* [Pure Water: Problems and Solutions], 2011, no. 1-2, pp. 100–101. (in Russ.)

14. Lyskina K.Yu., Kretova Yu.I. To the Issue About Efficiency of the Technical Regulations of the Customs Union as a Tool for Ensuring Product Quality. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2018, vol. 6, no. 4, pp. 12–19. (in Russ.) DOI: 10.14529/food180402

15. Pogorelov A.G., Gavrilyuk V.B., Pogorelova V.N., Gavrilyuk B.K. Scanning Electron Microscopy of Biosynthetic Wound Dressings *Biocol. Bull Exp Biol Med.*, 2012, vol. 154, pp. 167–170. DOI: 10.1007/s10517-012-1900-8

16. Pogorelov A.G., Chebotar I.V., Pogorelova V.N. Scanning electron microscopy of biofilms adherent to the inner catheter surface. *Bull Exp Biol Med.*, 2014, vol. 157, pp. 711–714. DOI: 10.1007/s10517-014-2648-0

Maria A. Pogorelova, Ph.D, Senior Researcher, Laboratory of functional microscopy of biosystems, Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Theoretical and Experimental Biophysics” of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), pogm2007@rambler.ru

Oleg A. Suvorov, Ph.D, Employee, Laboratory of functional microscopy of biosystems, Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Theoretical and Experimental Biophysics” of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), 79264003948@ya.ru

Alexander L. Kuznetsov, Ph.D, Employee, Laboratory of functional microscopy of biosystems, Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Theoretical and Experimental Biophysics” of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), a.l.kuznetsov@bk.ru

Artyom I. Panait, Junior Researcher, Laboratory of functional microscopy of biosystems, Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Theoretical and Experimental Biophysics” of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), panait-artem@rambler.ru

Alexander G. Pogorelov, Ph.D, Head, Laboratory of functional microscopy of biosystems, Federal State Budgetary Institution of Science “Institute of Theoretical and Experimental Biophysics” of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Moscow region), agpogorelov@rambler.ru

Received December 12, 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Актуальные проблемы безопасного обеззараживания гидропонных субстратов агропромышленных комплексов / М.А. Погорелова, О.А. Суворов, А.Л. Кузнецов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 1. – С. 12–21. DOI: 10.14529/food200102

FOR CITATION

Pogorelova M.A., Suvorov O.A., Kuznetsov A.L., Panait A.I., Pogorelov A.G. Actual Problems of Safe Disinfection of Hydroponic Substrates of Agricultural Complexes. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 12–21. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200102