

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ В СИСТЕМЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С БОЛЕЗНЯМИ РАССАДЫ ТОМАТА

С.Я. Семенов, доктор сельскохозяйственных наук,  
М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина, кандидаты сельскохозяйственных наук,  
А.Н. Чушкин, кандидат технических наук

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения Российской академии наук,  
400062, Волгоград, пр. Университетский, 97  
E-mail: pniemt@yandex.ru

Целью настоящего исследования была экспериментальная оценка эффективности использования электролизованной воды для подавления активности и сдерживания распространения фитопатогенной микрофлоры при выращивании рассады томата во внесезонный период. Объект исследований – искусственно культивируемые фитоценозы рассады томата. Изучали качественные и количественные закономерности, характеризующие зависимость распространения фитопатогенной микрофлоры в посевах рассады томата при проведении обработок электролизованной водой, а также способы и режимные параметры применения электролизованной воды. Количественная оценка сдерживания болезней в посевах рассады томата проведена с учетом видового состава патогенов. Подтверждена эффективность применения электролизованной воды для подавления активности возбудителей фузариозной корневой гнили (*Fusarium oxysporum f.sp. radicislycopersici*), септориоза (*Septoria lycopersici*) и корневых гнилей томата (*Pythium debaryanum*, *Pythium ultimum*). Установлено, что патогены – возбудители фузариозной корневой гнили наиболее чувствительны к обработкам катодом  $-600$  мВ; их распространение хорошо сдерживается также анолитом  $+800$  мВ. Такие параметры электрохимической водоподготовки были оптимальными при дезинфекции грунта в монотехнологии, что привело к снижению общего числа пораженных растений на 34,8-63,6%. Использование электролизованной воды с микробиологическим препаратом Бисолбисан при организации поочередной схемы проливок с интервалом 1 сут уменьшило число выбракованных растений на 44,4-66,6%. Этот способ оказался и самым эффективным в сдерживании распространения изучаемых болезней на уровне 0,8-2,0 %.

## APPLICATION OF ELECTROLIZED WATER IN THE SYSTEM OF MEASURES FOR COMBATING THE DISEASES OF TOMATIAN SEEDLING

Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkina E.I., Chushkin A.N.

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective  
Afforestation of the Russian Academy of Sciences,  
400062, Volgograd, pr. Universitetskij, 97  
E-mail: pniemt@yandex.ru

The purpose of this study is to experimentally assess the effectiveness of using electrolyzed water to suppress the activity and contain the spread of pathogens when growing tomato seedlings during the off-season. The object of research is artificially cultivated phytocenoses of tomato seedlings. The subject of research is the qualitative and quantitative laws that characterize the dependence of the distribution of phytopathogenic micro-flora in seedlings of tomato seedlings, during the processing of electrolyzed water, methods and operating parameters of the use of electrolyzed water. Quantitative assessment of the containment of diseases in crops of tomato seedlings was carried out taking into account the species composition of phytopathogens. Studies have confirmed the effectiveness of using electrolyzed water to suppress the activity of the causative agents of Fusarium root rot (*Fusarium oxysporum f.sp. radicislycopersici*), Septoria (*Septoria lycopersici*) and root rot of tomato (*Pythium debaryanum*, *Pythium ultimum*). It is established that pathogens - causative agents of fusarial root rot are most sensitive to catholyte treatments,  $-600$  mV, their distribution is also well controlled by anolyte,  $+800$  mV. Such parameters of electrochemical water treatment turned out to be optimal when using electrolyzed water to disinfect the soil as an independent technology, which ensured a reduction in the total number of affected plants by 34.8-63.6%, and when used in combination with the microbiological preparation Bisolbisan with the organization of alternate spraying patterns with an interval in 1 day, which ensured a decrease in the total number of affected plants by 44.4-66.6%. The latter method proved to be the most effective and ensured the containment of the spread of the listed diseases at the level of 0.8-2.0%.

**Ключевые слова:** томаты, рассада, болезни, защита растений, электролизованная вода

**Key words:** tomatoes, seedlings, diseases, plant protection, electrolyzed water

Сезонное производство рассады томата для последующего промышленного ее использования в весенних пленочных теплицах на Нижней Волге охватывает период с февраля по март. Выращивание рассады связано с необходимостью использования капитальных отопляемых сооружений для поддержания оптимального микроклимата в посевах [1-3]. Ресурсоёмкость такого производства достаточно высока и от выхода хорошо сформированных качественных рассадных растений напрямую зависит себестоимость продукции. Одна из главных причин выбраковки рассадных растений – поражение фитопатогенной микрофлорой [4, 5]. Современные способы защиты рассады достаточно затратны и допускают использование токсических средств химической природы, отрицательно сказывающихся на качестве растений [6-8]. Разработка и освоение новых экологически безопасных способов защиты растений при производстве рассадной продукции, в том числе, основанных на использовании электролизованной воды, – актуальная задача современной сельскохозяйственной науки [9-11]. Целью настоящего исследования была экспериментальная оценка эффективности использования электролизованной воды для подавления активности и сдерживания распространения фитопатогенной микрофлоры при выращивании рассады томата во внесезонный период.

Методика. Электролизованная вода – продукт электрохимической водоподготовки, характеризующийся

активным разложением основных и сопутствующих растворенных веществ в результате электролиза с образованием ионов молекулярного водорода, гидроксильной группы, кислорода, различных перекисных и других соединений со стабильной и нестабильной химической формулой. Концентрация продуктов разложения в воде зависит от режима, а также продолжительности электролиза и определяет изменение ее реакционной способности, pH и окислительно-восстановительного потенциала, причем связь между концентрацией окисленных или восстановленных форм и окислительно-восстановительным потенциалом среды подчиняется известному уравнению Нернста. Сдвиг средовых характеристик, прошедших электрохимическую обработку водных растворов, и используют для целенаправленного воздействия на биологические объекты и системы [12-15].

Рабочей гипотезой исследований служит предположение о возможности использования электролизованной воды для создания условий, ингибирующих активность и распространение фитопатогенной микрофлоры при выращивании рассады томата. Решение конкретной задачи – разработка технологии фитооздоровления посевов при выращивании рассады томата – потребовало новых экспериментов для системной, в том числе количественной оценки эффектов, выражающихся в сдерживании распространения фитопатогенной микрофлоры при различных способах применения электролизованной воды. Исследования предусматривали закладку опыта по двухфакторной схеме. В рамках фактора А варианты опыта варьировали по величине электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала относительно необработанной (природной) оросительной воды. Использовали католиты: вариант А2 – с окислительно-восстановительным потенциалом 0 мВ (электрохимически обусловленный сдвиг окислительно-восстановительного потенциала -200 мВ), вариант А3 – -200 мВ (-400 мВ), вариант А4 – -400 мВ (-600 мВ), вариант А5 – -600 мВ (-800 мВ) и анолиты: вариант А6 – с окислительно-восстановительным потенциалом +400 мВ (электрохимически обусловленный сдвиг +200 мВ), вариант А7 – +600 мВ (+400 мВ), вариант А8 – +800 мВ (+600 мВ). В рамках фактора В варианты варьировали по способу использования электролизованной воды: вариант В1 – для дезинфекции грунта способом проливки; вариант В2 – для обработки вегетативных органов рассадных растений; вариант В3 – для дезинфекции грунта раствором микробиологического препарата Бисолбисан, приготовленным на основе электролизованной воды; вариант В4 – для дезинфекции грунта способом проливки поочередно электролизованной водой и раствором Бисолбисана.

Опыты проводили на специально оборудованных площадках с регулируемым микроклиматом в хозяйстве «Толочко Ф.Ю.» Среднеахтубинского района Волгоградской области. Технология электрохимической водоподготовки реализована на основе экспериментального диафрагменного электролизера проточного типа с реостатным регулированием электрических параметров. Для работы электролизера требуется источник постоянного тока, потребляемая мощность – не более 0,7 кВт, наибольшее напряжение в сети потребления – 70 В, наибольшая сила тока – не более 10 А. Максимальная производительность электролизера составляет 15 л/мин при продолжительности электрохимической обработки воды 22 с. Со снижением производительности время нахождения объема воды в

электролизере пропорционально возрастает. Совокупное регулирование производительности электролизера и его электрических режимов работы позволяет получать практически любой сдвиг окислительно-восстановительного потенциала воды в диапазоне от -800 до +1000 мВ. Расход электроэнергии на обработку 1 м<sup>3</sup> воды в среднем не превышает 0,8 кВт·ч. Для обработки использовали природную, очищенную от механических примесей, оросительную воду, подаваемую на участок из р. Волга. Химический состав воды в период использования относительно стабилен, общая минерализация составляет 289-318 г/л с преобладанием катионов кальция, магния, натрия и калия и анионов двуокиси углерода, хлора, а также сульфатов. В соответствии с регламентом вариантов опыта воду применяли в течение получаса после обработки, с накоплением в полимерных резервуарах закрытого типа. Это гарантировало сохранение электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала электролизованной воды с отклонениями не более 2%.

Объектом исследований были опытные посевы рассады томата, гибрид Пинк-Парадайз. Объем учетной делянки включал 250 рассадных растений. Растения с признаками поражения фитопатогенной микрофлорой выбраковывали и удаляли при первой идентификации, их учитывали в течение всего технологического цикла. Данные по выбракованным растениям систематизировали, включали информацию о характере поражения, специфичным признакам болезней и т.д. Для исследования видового состава фитопатогенной микрофлоры отобранные образцы отправляли в лабораторию «Россельхозцентра» г. Волгограда.

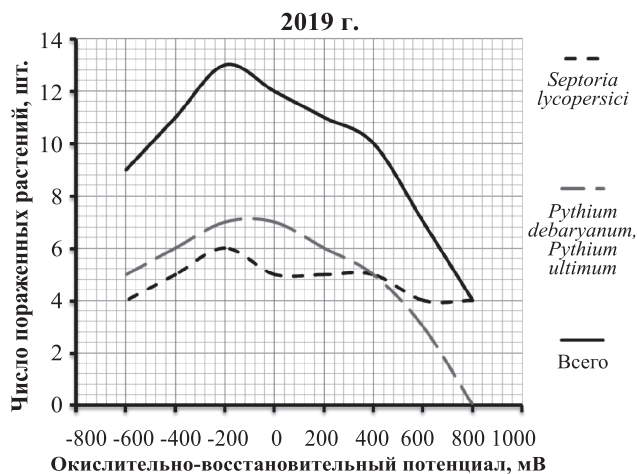
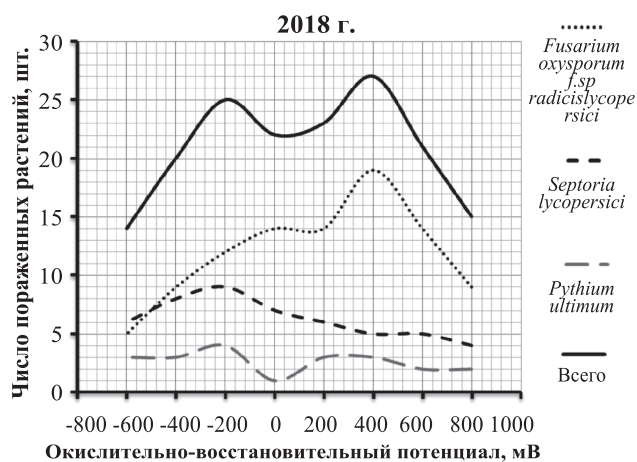
**Результаты и обсуждение.** Механизм биологического действия электролизованной воды относительно сопутствующей сельскохозяйственным растениям микрофлоры заключается в создании средовых условий, благоприятствующих или неблагоприятствующих реализации их жизненных функций. При этом регулирование средовых условий, таких как pH и окислительно-восстановительный потенциал, контактных по отношению к микробиоте веществ, осуществляли посредством применения электролизованной воды. При определенных условиях это позволяло снизить число заболевших растений, подлежащих немедленной выбраковке при производстве рассады (рис. 1-4, табл.).

Видовой состав фитопатогенной микрофлоры при выращивании рассады служит, безусловно, вариативным фактором. В годы исследований были подтверждены случаи поражения рассадных растений томата возбудителями фузариозной корневой гнили *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicislycopersici*, септориоза *Septoria lycopersici*, возбудителями корневой и прикорневой гнили томата *Pythium debaryanum* и *Pythium ultimum*. Активизация патогенов на рассаде проявлялась комплексно; в 2018 г. не отмечено поражения растений *Pythium debaryanum*, в 2019 г. – поражения возбудителями фузариозной корневой гнили. Использование электролизованной воды для дезинфекции грунта способом проливки оказалось эффективным в обоих случаях (табл., рис. 1).

Изменение окислительно-восстановительного потенциала и pH среды позволяет добиться снижения числа пораженных болезнями рассадных растений, однако восприимчивость отдельных видов патогенов не одинакова. Например, распространение фузариозной корневой гнили (возбудитель *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicislycopersici*) в 2018 г. наиболее эффективно сдерживалось при использовании для проливки катод-

**Интегральная оценка доли (%) рассадных растений томата, выбракованных вследствие поражения фитопатогенной микрофлорой**

Окислительно-восстановительный потенциал, мВ	Способ применения электролизованной воды							
	в монотехнологии				в сочетании с использованием микробиологических препаратов			
	дезинфекция грунта способом проливки		обработка вегетативных органов способом опрыскивания		использование для приготовления раствора Бисолбисана		поочередное применение с раствором Бисолбисана для дезинфекции грунта	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Без обработки (+200)	9,2	4,4	15,2	10,0	3,6	2,4	3,6	2,4
0	8,8	4,8	16,4	10,0	4,4	2,8	3,6	2,4
-200	10,0	5,2	18,0	11,2	5,2	3,2	4,0	2,8
-400	8,0	4,4	18,0	11,2	6,4	4,0	3,6	2,0
-600	5,6	3,6	16,4	9,2	6,8	4,8	2,8	1,6
+400	10,8	4,0	15,2	3,6	2,8	1,6	3,6	1,6
+600	8,4	2,8	14,4	1,2	4,4	2,8	2,8	1,2
+800	6,0	1,6	13,2	2,0	6,4	2,8	2,0	0,8
НСР <sub>05</sub>	1,1	0,5	1,5	0,8	0,8	0,3	0,6	0,3



**Рис. 1. Распространение фитопатогенной микрофлоры в посевах рассады томата при использовании электролизованной воды для дезинфекции грунта (250 растений).**

лита с максимальным в опыте электрохимически обусловленным сдвигом редокс-потенциала – -600 мВ. При этом применение анолита с окислительно-восстановительным потенциалом +400 мВ сопровождалось существенной активизацией патогена: число пораженных фузариозной корневой гнилью растений оказалось достоверно выше, чем в контроле. Сильные анолиты с окислительно-восстановительным потенциалом +800 мВ снижали динамику распространения болезни, хотя и в меньшей степени, чем католиты.

Возбудители септориоза (*Septoria lycopersici*) и корневой гнили томата (*Pythium ultimum*) оказались более чувствительными к анолиту, причем эффективность последнего усиливалась с увеличением электрохимически обусловленного сдвига редокс-потенциала. Суммарно наименьшим числом пораженных фитопатогенной микрофлорой растений выделились варианты с проливкой почвы католитом -600 мВ или анолитом +800 мВ. Различия между этими вариантами (0,5 %) в 2018 г. оказались в пределах статистической ошибки опыта (НСР<sub>05</sub> = 1,1%). В 2019 г. растений, пораженных патогенами – возбудителями фузариоза, не отмечено, а наибольшая эффективность применения электролизованной воды для дезинфекции грунта была в вариантах с анолитом. Таким образом, видовой состав фитопатогенов существенно определяет эффективность электролизованной воды и параметры технологии ее применения для дезинфекции грунта под рассаду. При прочих равных условиях предпочтение следует отдать анолиту с редокс-потенциалом +800 мВ, обеспечившему наибольшую эффективность по сдерживанию болезней в годы исследований.

Опрыскивание вегетативной части растений провоцировало распространение фитопатогенной микрофлоры, а применение электролизованной воды таким способом неоправданно (рис. 2, табл.). При опрыскивании рассады томата природной водой доля суммарно пораженных болезнями растений возросла до 10,0-15,2%, при обработке католитом она достигла 18,4%. И лишь

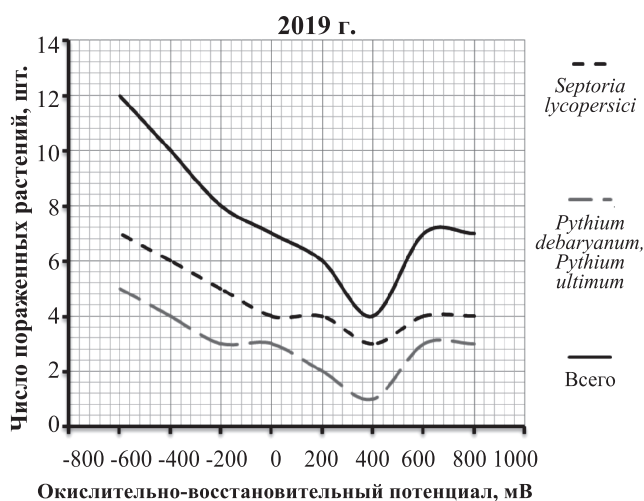
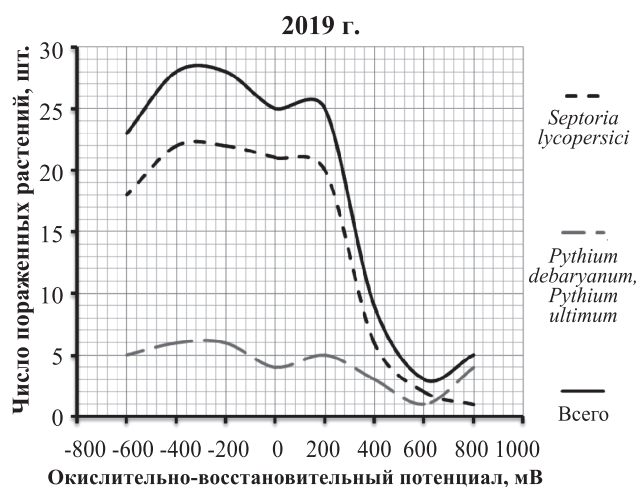
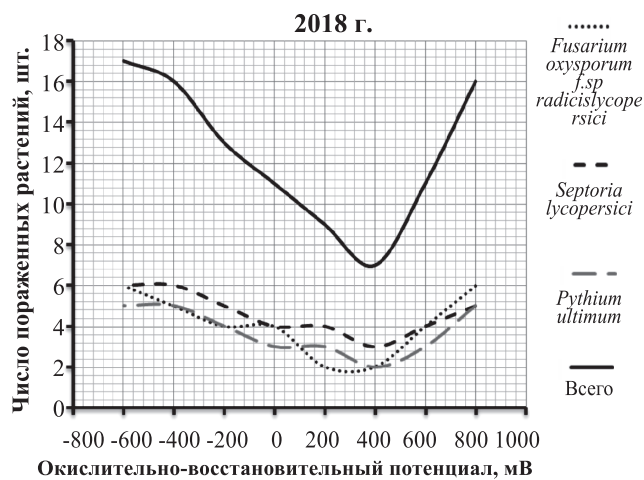
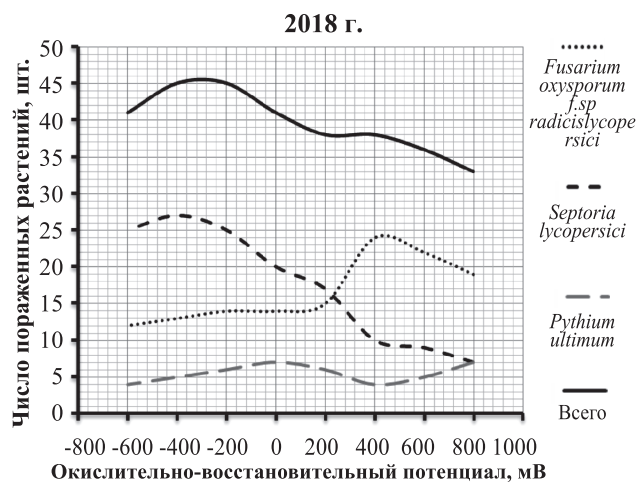


Рис. 2. Распространение фитопатогенной микрофлоры в посевах рассады томата при обработке вегетативных органов электролизованной водой (250 растений).

Рис. 3. Распространение фитопатогенной микрофлоры в посевах рассады томата при дезинфекции грунта раствором Бисолбисана, приготовленным на основе электролизованной воды (250 растений).

применение анолита с окислительно-восстановительным потенциалом +600 – +800 мВ позволило сократить суммарное число пораженных болезнями растений и только по возбудителям септориоза и корневых гнилей томата. Число растений, пораженных фузариозной корневой гнилью, при использовании анолита только возросло.

Результаты опытов с опрыскиванием рассады электролизованной водой свидетельствуют о тесной связи эффективности технологии с видовым составом патогенов, получивших распространение в посевах. Так, в 2018 г. использование сильных анолитов было предпочтительным, но эффект из-за активизации возбудителя фузариозной корневой гнили оказался крайне слабым: общее число пораженных рассадных растений снижалось с 38 в контроле до 33 при опрыскивании анолитом (+800) мВ. В 2019 г. поражения растений фузариозной корневой гнилью не было, а эффективность обработок сильными анолитами существенно возросла: число пораженных растений снизилось с 25 в контроле до 3-5 при опрыскивании анолитом с окислительно-восстановительным потенциалом +600 – +800 мВ.

Все большее распространение получают биологические способы борьбы с фитопатогенной микрофлорой в посевах. При производстве рассады одной из

эффективных технологий была дезинфекция грунта раствором микробиологического препарата Бисолбисан. Применение электролизованной воды в комплексе с биологическими технологиями позволяет добиться приемлемых результатов без использования средств химической защиты.

Опытами апробировано два способа использования электролизованной воды в сочетании с Бисолбисаном. Первый предусматривает приготовление раствора этого препарата на основе электролизованной воды, второй – поочередное использование электролизованной воды и раствора Бисолбисана для дезинфекции грунта. Технология приготовления раствора Бисолбисана на основе электролизованной воды оказалась самой эффективной при использовании слабых, +400 мВ, анолитов (рис. 3, табл.). Снижение числа пораженных растений наблюдало по всем выявленным в опытах патогенам. Суммарная эффективность технологии характеризовалась сокращением общего количества выбракованных по причине заболевания растений с 6-9 (2,4-3,6 %) в контроле до 4-7 (1,6-2,8 %) при использовании анолита с окислительно-восстановительным потенциалом +400 мВ.

Применение анолитов с большим сдвигом окислительно-восстановительного потенциала или катодитов

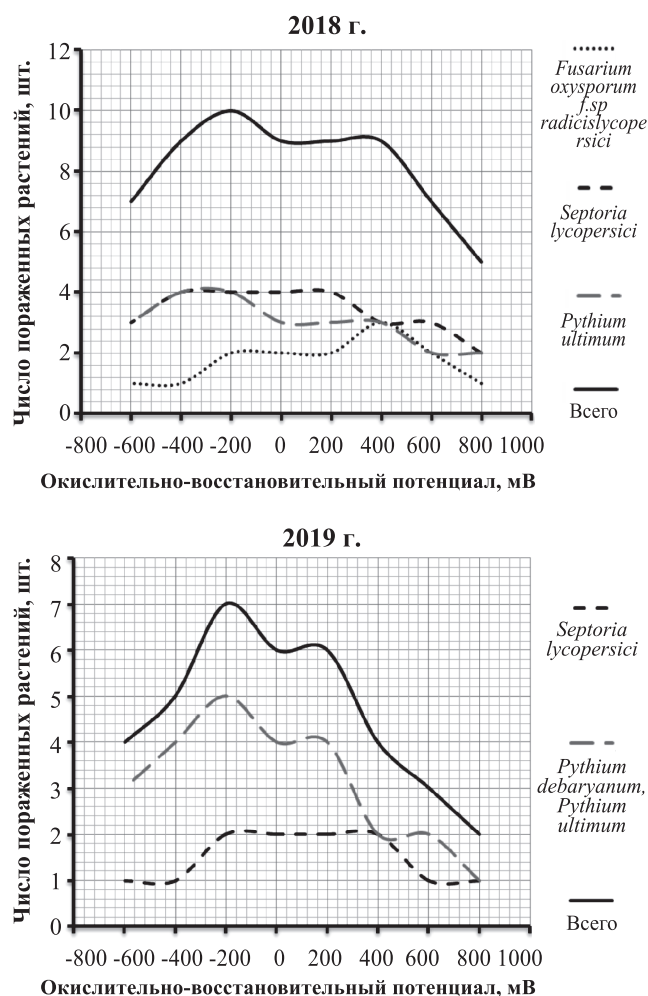


Рис. 4. Распространение фитопатогенной микрофлоры в посевах рассады томата при дезинфекции грунта электролизованной водой с последующим применением раствора Бисолбисана (250 растений)

для приготовления раствора Бисолбисана не оправдано, так как эффективность микробиологического препарата снижается, а число пораженных патогенами растений существенно возрастает. Этот эффект, по видимому, связан с воздействием электролизованной воды на активность бактерии *Bacillus subtilis*, являющейся основой препарата Бисолбисан.

Технология раздельного применения электролизованной воды и раствора Бисолбисан позволяет перейти к алгебраическому сложению эффектов, исключая фактор взаимодействия. Такой подход оказался наиболее эффективным и обеспечил максимальный выход здоровых рассадных растений томата (рис. 4, табл.). Исследованиями подтверждено существенное снижение общего фона распространения болезней при поочередном использовании электролизованной воды с микробиологическим препаратом Бисолбисан. Из 250 рассадных растений болезнями поражалось не более 7-10, тогда как в вариантах без Бисолбисана число выбракованных растений достигало 13-27 шт. В свою очередь использование электролизованной воды позволило более чем в 1,5 раза снизить число пораженных растений в сравнении с вариантами, где для дезинфекции грунта применяли только раствор Бисолбисана.

Оптимизация параметров технологии поочередного использования электролизованной воды и раствора микробиологического препарата Бисолбисан обеспечило возможность сдерживания распространения фитопатогенной микрофлоры в посевах рассады томата на уровне 0,8-2,0 %. Наибольший эффект отмечен при применении воды с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала +800 мВ. Для подавления активности возбудителя фузариозной корневой гнили эффективным оказалось также применение католита с редокс-потенциалом -400 – -600 мВ, однако при этом существенно возросло число растений, пораженных септориозом (*Septoria lycopersici*) и патогенами корневой гнили томата (*Pythium debaryanum*, *Pythium ultimum*), как и общее количество выбракованных растений. Продолжительность периода 1 сут между дезинфекцией грунта электролизованной водой и раствором препарата Бисолбисан оказалась достаточной для исключения взаимного влияния.

Таким образом, применение электролизованной воды обеспечивает эффективное подавление активности возбудителей фузариозной корневой гнили (*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicislycopersici*), септориоза (*Septoria lycopersici*), корневых гнилей томата (*Pythium debaryanum*, *Pythium ultimum*), улучшает фитосанитарное состояние посевов и выход оптимально сформированных растений при выращивании рассады томата. Параметры водоподготовки определяются видовым составом фитопатогенной микрофлоры и зависят от способа применения электролизованной воды. При использовании электролизованной воды как монотехнологии по сдерживанию распространения фитопатогенной микрофлоры для дезинфекции грунта способом проливки наиболее эффективен анолит с редокс-потенциалом +800 мВ: число пораженных растений снизилось на 34,8-63,6%. Лучшие результаты получены при комплексном применении электролизованной воды (анолит, +800 мВ) и микробиологического препарата Бисолбисан для дезинфекции грунта при организации поочередной схемы проливок с интервалом 1 сут. При этом доля выбракованных вследствие поражения болезнями рассадных растений томата не превышала 0,8-2,0%.

#### Литература

1. Демиденко Г.А. Агроэкологическая оценка использования специализированных почвогрунтов для выращивания рассады томатов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (127). – С. 11-17.
2. Соромотина Т.В. Влияние возраста рассады и густоты посадки на урожайность детерминантного томата // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 2 (18). – С. 71-76.
3. Абакумова А.С., Зимица Ж.А., Арсланова Р.А., Курманалиева Р.И. Агротехнология выращивания индетерминантных томатов в фитотронно-тепличном комплексе // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 1 (1). – С. 18-21.
4. Паластрова О.А. Болезни томата и обоснование мер борьбы с ними в условиях Курганской области // Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – № 4 (28). – С. 22-29.
5. Игнатов А.Н., Челидзе Г.Г., Воробьева К.С. Риски распространения в РФ новых вирусных и бактериальных болезней овощных культур через предпри-

- ятия защищенного грунта // Картофель и овощи. – 2019. – № 4. – С. 18-21.
6. Байрамбеков Ш.Б., Корнева О.Г., Полякова Е.В. Основные болезни овощебахчевых культур в Нижнем Поволжье // Защита и карантин растений. – 2013. – № 8. – С. 46-49.
  7. Antonenko A.M., Vavrinevych O.P., Korshun M.M., Omelchuk S.T. Hygienic assessment of the effects of pesticides application on adult population morbidity with thyroid gland diseases // *Wiadomosci Lekarskie*. – 2018. – V. 71. – N 2. – P. 353-357.
  8. Grech A., Brochot C., Bois F.Y., Beaudouin R., Quignot N., Dorne J.-L. Toxicokinetic models and related tools in environmental risk assessment of chemicals // *The Science of the Total Environment*. – 2017. – V. 578. – P. 1-15 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.146
  9. Коробейникова О.В. Фитоспорин-М на томате // Картофель и овощи. – 2016. – № 6. – С. 16-17.
  10. Matyjaszczyk E. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union // *Pest Management Science*. – 2018. – V. 74. – N 3. – P. 505-510 DOI: 10.1002/ps.4789
  11. Семенов С.Я., Белицкая М.Н., Лихолетов С.М. Фитосанитарное оздоровление зерновых и овощных культур с помощью электрохимически активированной воды // *Успехи современного естествознания*. – 2013. – № 1. – С. 78-82.
  12. Чушкина Е.И., Семенов С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н. Механизм биологического действия и опыт применения электрохимически активированных водных сред в сельском хозяйстве // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. – 2015. – № 4 (20). – С. 170-185.
  13. Al-Qadiri H.M., Smith S., Sielaff A.C., Govindan B.N., Ziyaina M., Al-Alami N., Rasco B. Bactericidal activity of neutral electrolyzed water against *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in cell suspensions and artificially inoculated onto the surface of selected fresh produce and polypropylene cutting boards // *Food control*. – 2019. – V. 96. – P. 212-218; DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.09.019.
  14. Feliziani E., Lichter A., Smilanick J.L., Ippolito A. Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest // *Postharvest biology and technology*. – 2016. -V.122. – P. 53-69 DOI: 10.1016/j.postharvbio.2016.04.016.
  15. Pinto L., Baruzzi F., Ippolito A. Recent advances to control spoilage microorganisms in washing water of fruits and vegetables: the use of electrolyzed water // *III international symposium on postharvest pathology: using science to increase food availability* // *Acta Horticulturae*. – 2016. – V.1144. – P.379-384 DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1141.72.

Поступила в редакцию 14.11.19  
 После доработки 17.12.19  
 Принята к публикации 20.12.19