

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

**Л.А. Баранов**, М.Г. Бурнаев  
г. Челябинск, ЧГАУ

**Рассмотрены методы обеззараживания почвы. Показана возможность применения электротермической обработки почвы защищенного грунта и ее преимущества.**

Ежедневно человек нуждается в потреблении свежих овощей, для выращивания которых используются сооружения защищенного грунта (парники, теплицы и т.д.). В данных сооружениях для получения высокой производительности сельскохозяйственных растений создается благоприятный микроклимат, который в свою очередь ведет к соответствующему росту болезней и вредителей сельскохозяйственных растений. Болезнь растения - это нарушение нормального строения и обмена веществ клеток, органов и целого растения под воздействием фитопатогенов. Фитопатоген, проникая в растения, нарушает нормальный процесс жизнедеятельности, что резко снижает урожайность или ухудшает качество продукции. Корневая гниль сеянцев и взрослых растений - одно из самых распространенных заболеваний растений семейства тыквенных в теплицах. Болезнь может проявиться уже в фазе семядольных листьев, при этом подсемядольная часть стебля становится водянистой, утончается и внезапно полегает. У взрослых растений болезнь начинается с пожелтения и увядания нижних листьев. Прикорневая часть стебля и корни буреют и размочаливаются, молодые мочковатые корни не развиваются. Завязи отмирают, зеленцы недоразвиваются. Больные растения засыхают и увядают. Возбудители заражают растение через корневую систему. Грибы хорошо сохраняются в течении длительного времени в почвенных субстратах и быстро накапливаются при бессменном выращивании овощных культур семейства тыквенные. Урожайность из-за болезни может снизиться на 40-50 % [1]. Почва является основной средой размножения и обитания болезней и вредителей растений. Поэтому в культивационных сооружениях защищенного грунта заменяют почву через 2-4 года, что требует больших затрат. При сильном заражении почву приходится менять ежегодно. Экономические расчеты показывают, что часто бывает целесообразнее осуществлять перенос теплицы на новое место, чем ежегодно менять в ней почву. Наиболее эффективный способ борьбы с вредителями и болезнями растений заключается в термическом обеззараживании защищенного грунта. Для обеззараживания почвы наиболее широкое применение

получили следующие способы: паровой, химический и электродный.

При химическом способе обеззараживания для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками широко используются пестициды и биопрепараты, для которых необходимо знать и строго соблюдать установленные регламенты при хранении, транспортировке и их применении. К положительной стороне данного способа стоит отнести его избирательность в зависимости от вида вредителя или болезни. Но данный способ имеет ряд серьезных недостатков: существует серьезная опасность отравления персонала, вредное для растений последствие - токсичность почвы, довольно длительная продолжительность обработки почвы. Кроме того, накладываются ограничительные рамки по расположению теплиц, которые должны быть не ближе 1000 м от населенных пунктов, скотных дворов, птичников и источников водоснабжения. Встает вопрос о способе, условии и месте хранения химических препаратов. Более того химическое обеззараживание можно проводить при температуре почвы не выше 15-20 °С, в противном случае происходит интенсивное выделение ядовитых газов. В связи с этим большинство тепличных хозяйств отдадут предпочтение паровому способу обеззараживания.

Паровой способ обеззараживания при температуре близкой к 100 °С является наиболее совершенным. После парового обеззараживания восстанавливается плодородие почвы, сама операция сравнительно безвредна для человека и растений. Пропаривание грунта в течении от 30 до 60 мин, считая с момента достижения температуры 100 °С во всем обрабатываемом слое почвы, уничтожает вредителей и возбудителей болезней. Паровой способ обработки почвы можно считать перспективным при использовании различных устройств и приспособлений. Однако при длительном воздействии пара в почве вместе с вредными погибают и полезные бактерии, повышается ее соленасыщенность, что вредно отражается на развитии растений: разрушаются коллоиды, уменьшается капиллярность и влагоемкость почвы. Кроме того, при длительном воздействии высокой температуры в почве образуются вредные продукты, которые способны сохранять годами свои токсические

свойства. Следует также отметить, что применять паровой способ часто невозможно из-за больших энергетических затрат и необходимости использования специальной паровой установки.

Из многих способов обеззараживания почвы с помощью электрического тока сравнительно эффективным считается электродный. При этом способе обеззараживания металлические пластинчатые электроды, помещенные в почву, включают непосредственно в электрическую сеть. Электрический ток, проходя через почву, служит не только источником тепловой энергии, но и фактором воздействия на микроорганизмы и вредителей, находящихся в почве. Время электродного обеззараживания защищенного грунта значительно меньше и составляет 60-90 с. Кроме того, электродный способ обеззараживания по сравнению с химическим экологически безопасен. Почву можно использовать сразу же после обеззараживания. Сам процесс легко контролируется и может быть автоматизирован. Летальный исход для вредителей и болезней растений происходит при меньших на 20-30 °С температурах обеззараживания благодаря воздействию на них электрического тока, проходящего через почву. В совхозе «Гурьевский» Гурьевской области были проведены опыты, результаты которых свидетельствуют о положительном влиянии электротермической обработки почвы (табл. 1). В результате обработки содержание нитратного азота увеличивается в 1,5 раза, также возрастает содержание аммонийного азота, что положительно влияет на рост растений. Другие элементы почвы остаются в норме или увеличиваются незначительно.

Почти во всех опытах показания термометров брались через 5 минут после снятия напряжения.

Несмотря на эффективность, электродное обеззараживание имеет существенный недостаток, который заключается в том, что прилегающий к электродам слой почвы (контактный) нагревается

гораздо быстрее, чем остальная масса. С повышением температуры начинает возрастать переходное сопротивление этого слоя, что ведет к замедлению процесса. Для уменьшения этого явления в Армянском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства был разработан электрод, представляющий собой плоскую сварную коробку, состоящую из двух металлических пластин толщиной 1,5 мм каждая, между которыми оставлен зазор в 2 мм [2]. Коробка снабжена патрубками, через которые хладагент, например холодная вода, циркулирует в ее внутренней полости во время обеззараживания почвы. Сложная конструкция данных электродов не позволяет широко их использовать. Наиболее простым способом снижения переходного контактного сопротивления «электрод-почва» является подача воды к поверхности электрода из листовой стали.

Первая разработанная установка для электродного обеззараживания грунта представляет из себя деревянный ящик с установленными внутри электродами из листовой стали и расположенными друг от друга на определенном расстоянии. Обеззараживаемая почва увлажняется до 30 % влажности, после чего загружается в установку и на электроды подается напряжение 220 В промышленной частоты [3]. Электродное обеззараживание грунта в данной установке не нашло широкого применения из-за большой трудоемкости, заключающейся в том, что почву необходимо извлекать из теплицы, транспортировать к месту обеззараживания и снова завозить в теплицу. Кроме того, существует риск повторного заражения почвы. В «Казсельхозмеханизации» была создана наиболее удачная мобильная установка для электротермического обеззараживания почвы [4]. Дисковые электроды этой установки выполнены из нержавеющей стали и изолированы от вала изоляционными втулками, в изоляционной плите сделаны прорезы для уста-

Таблица 1

Результаты агрохимического анализа тепличной почвы

Состояние почвы	Содержание нитратного азота, мг/кг	Содержание аммонийного азота, мг/кг	Содержание воднорастворимого фосфора, мг/кг	Содержание хлориона, мг/кг	Содержание кальция, мг/кг	Содержание магния, мг/кг	Содержание калия, мг/кг	РН (кислотность)
Контрольная проба (ненагретая почва)	1010	20	4	1417	1200	330	350	8,2
Нагретая до 90 °С без выдержки	1500	27	4,1	1680	14800	390	375	8,2
Нагретая до 90 °С с выдержкой 5 мин	1160	22	3,7	1566	1300	360	355	8,1

новки электродов. Для уменьшения утечки тока к боковым электродам подключен нулевой провод питающей сети.

Так как большинство обитающих в почве вредных микроорганизмов находятся на небольшой глубине около 25 см, предусмотрена обработка именно на эту глубину. Изменение глубины обработки достигается путем установки дисковых электродов различного диаметра.

Работа данной установки заключается в следующем. За два дня до обработки почву увлажняют до 40 % влажности и проверяют готовность стерилизатора к работе. Включением электропривода создается вращательное движение электродов, которые погружаются в почву. Одновременно открывается кран, и вода через распределительный коллектор стекает крупными каплями по поверхности электродов, обеспечивая контакт между электродами и почвой. После заглубления электродов на них подается напряжение. Время обработки почвы зависит от ее структуры и степени влажности. При нагреве почвы до температуры 80 °С включается электропривод и стерилизатор перемещается на новое место обработки. Затем процесс повторяется.

Питание электродов осуществляется при помощи токосъемного устройства, включающего в себя набор токосъемных колец и щеткодержателей.

Управление осуществляется тумблерами, установленными на рукоятках стерилизатора.

Данная установка МЭОП-1 позволяет обеззараживать грунт непосредственно в теплице. Недостатком является то, что оператор находится в непосредственной близости от установки и подвергается опасности поражения электрическим током. К тому же оператор постоянно находится на ногах, что приводит его к усталости с уменьшением производительности.

При электродном способе обеззараживания почвы энергетические и эксплуатационные показатели в значительной степени зависят от схемы включения электродов. Если электроды соединить в треугольник (рис. 1,а), то помимо основного тока нагрузки, через почву от крайних электродов к заземляющему электроду нуля трансформатора будет протекать ток утечки, что вызовет большие потери электроэнергии. При этом вследствие большого шагового напряжения возникает опасность поражения электрическим током обслуживающего персонала. Соединение электродов в звезду с подключением нулевых электродов к заземленному нулю трансформатора (рис. 1,б) наиболее приемлемо с точки зрения безопасности и симметричности нагрузок. Время обеззараживания в данном случае возрастает в 3 раза, и, следовательно, во столько же раз снижается производительность установки. Когда основные электроды включены в треугольник, а дополнительные соединены с заземленным нулем трансформатора (рис. 1,в), последние становятся экранирующими с

позиции электробезопасности. Но здесь из-за асимметрии фаз интенсивность процесса на крайних участках почвы в 3 раза ниже, чем на других. С увеличением общего числа электродов асимметричность уменьшается, однако при этом повышается необходимая мощность установки. Чтобы получить одинаковую интенсивность участков, необходимо дополнительные электроды размещать от крайних основных на расстоянии, которое в 3 раза меньше, чем расстояние между основными.

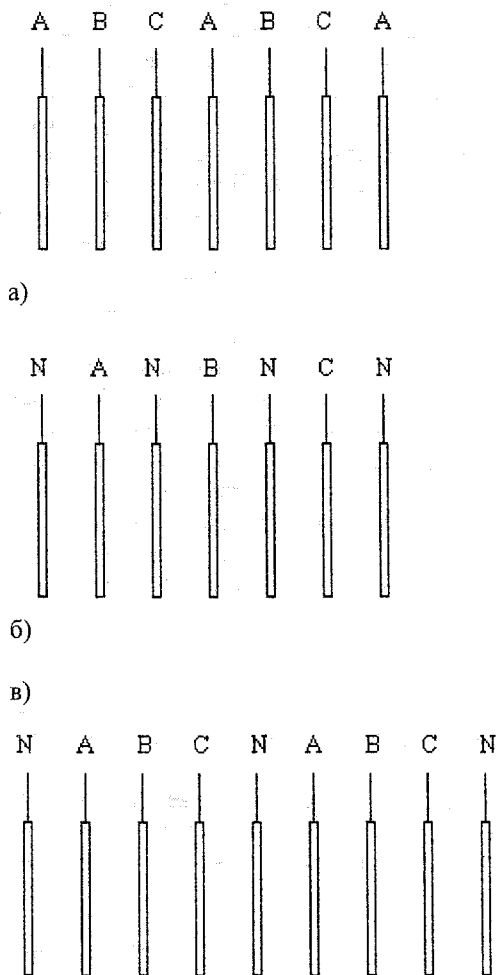


Рис. 1. Схемы включения электродов при обеззараживании почвы: а) соединение электродов в треугольник; б) соединение электродов в звезду; в) соединение электродов в треугольник с нулем; А, В, С и N–фазы А, В, С и нулевой провод

В Ереванском тепличном хозяйстве определили ориентировочные потери электроэнергии на утечки электрического тока [5]. Для этого измеряли ее расход при однофазном включении двух или трех электродов по схемам: нуль-фаза-нуль и фаза-нуль-фаза. Из табл. 2 видно, что при прочих равных условиях в схемах а) и б) величина расхода энергии в 1,8-1,9 раз больше, чем в схеме в), когда к крайним электродам подается нуль. Фактически расход электроэнергии в схемах в) и г), где нуль подается на боковые электроды, превышает рас-

Определение потерь электроэнергии на ток утечки

Число электродов	Схема включения электродов	Расход электроэнергии	
		кВт·ч/м <sup>3</sup>	% от расчетного значения $\Theta=34,2$ кВт·ч/м <sup>3</sup>
2	а) фаза–нуль	87,20	255,0
3	б) фаза–нуль–фаза	90,10	263,5
3	в) нуль–фаза–нуль	47,50	138,9
7	г) в звезду при неподвижных электродах	47,85	139,9
7	д) в звезду при движущихся электродах	44,90	131,3

четный на 30-40 %. Это объясняется ее потерями вследствие искажения электрического поля у краев электродов, передачи тепла соседним участкам почвы и воздуху, нагреву электродов и деталей установки. Кроме того, потери могут возникнуть на участке кабеля между счетчиком и установкой.

Перерасход электроэнергии в 2,55 и 2,63 раза в схемах а) и б) вызван утечкой тока через грунт от крайних электродов к нулю трансформатора.

Когда происходит утечка с одного электрода на один промежуток, включенный между фазой и нулем, потери достигают 90 % от расхода в межэлектродном пространстве.

При соединении семи электродов в звезду по схеме А-Н-В-Н-С-Н-А утечка с двух крайних электродов на шесть промежутков, включенных между фазой и нулем, или с одного электрода на три промежутка вызовет относительные потери, которые в 3 раза меньше, чем в предыдущем случае.

При включении семи электродов в треугольник (см. рис. 1а) абсолютные потери на утечку от крайних электродов останутся такими же, как и при звезде с подключением фазы на крайние электроды. Но так как мощность в межэлектродном пространстве возрастет в 3 раза, относительные потери на утечку снизятся в 3 раза по сравнению с потерями в варианте со звездой при подключении фазы на крайние электроды и составят 10 % от расхода электроэнергии в межэлектродном пространстве.

В Челябинском государственном агроинженерном университете разрабатывается мобильная установка при финансовой поддержке правительства Челябинской области, экспериментальное включение которой планируется провести в тепличном хозяйстве ОАО «Тепличный». Эта установка представляет собой металлический каркас, оснащенный электродной камерой с набором дисковых электродов, расположенных друг от друга

на определенном расстоянии, и электроприводом ведущих колес и электродов. Предполагается, что установка будет перемещаться по металлическим рельсам, которые служат направляющими и одновременно экранирующими электродами для уменьшения тока утечки. Данная установка может служить не только для обеззараживания защищенного грунта, но и для обработки почвы в период предпосевной и культивационной обработки земли. Контроль и управление данной установкой будет осуществляться дистанционно. В данном случае полностью исключается риск поражения электрическим током обслуживающего персонала в момент обеззараживания грунта. Установка позволяет полностью автоматизировать процесс обеззараживания, что дает возможность использовать ее в ночные часы при сниженной стоимости электрической энергии.

#### Литература

- 1 Защита растений от вредителей: учебное пособие / под ред. В.В. Исаичева. - М. Колос, 2002. - 472 с.
- 2 Акоюн, Р.А. Установка для электротермической обеззараживания почвы / Р.А. Акоюн // Техника в сельском хозяйстве. - 1969. - 296 с.
- 3 Прищеп, Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта: учебное пособие / Л.Г. Прищеп. - М.: Колос, 1980. - 76 с.
- 4 Каламкалиев М.Х. Исследование условий электродного применения нагрева почвы / М.Х. Каламкалиев, Л.А. Баранов // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. - 1981. - № 3. - С. 84-87.
- 5 Каламкалиев М.Х. Исследование электродного нагрева защищенного грунта / М.Х. Каламкалиев, Л.А. Баранов // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. - 1980. - № 4. - С. 85-87

Баранов Леонид Афанасьевич окончил факультет электрификации сельского хозяйства Казахского сельскохозяйственного института в 1960 г. Защитил кандидатскую диссертацию в 1969 г., в 1993 - докторскую. Профессиональные интересы - электро- тепло- снабжение сельского хозяйства. Доктор технических наук, профессор.

Бурнаев Михаил Гаривжанович окончил в 2005 г. Челябинский государственный агроинженерный университет. Аспирант кафедры применения электрической энергии в сельском хозяйстве ЧГАУ