

Тема 2.2 Субстраты защищенного грунта

1. Малообъемная технология выращивания.
2. Методы гидропоники.
3. Гравийная культура.

1. Органические субстраты. Минеральные субстраты.

Малообъемное выращивание – выращивание овощей на малых объемах субстрата с использованием капельного орошения.

Органические субстраты:

Использование **торфа** для малообъемной гидропоники целесообразно по следующим причинам:

- запасы сырья практически не ограничены,
- торфяные субстраты являются экологически чистым продуктом, после использования в теплицах их можно применять для улучшения почвы сельскохозяйственных угодий.

- торфяные субстраты значительно дешевле минеральной ваты. Торфяной субстрат готовят с применением комплексных минеральных удобрений с добавкой всех микроэлементов в легкодоступной форме (в виде хелатов) и предназначен для выращивания в защищенном грунте растений томата, перца, баклажана. *В качестве рыхлящего материала* применяется древесная стружка лиственных пород. Состав субстрата для малообъемной гидропоники с системой капельного орошения для культуры томата, перца, баклажана: торф верховой (70-80 % объема) и стружка древесная (20-30 % объема).

Субстрат обладает высокой воздухоемкостью, позволяющей проводить поливы растений без опасности переувлажнения корневой среды, и нейтрализован смесью доломитовой муки и мела с благоприятным соотношением Са и Mg, предотвращающих появление вершинной гнили плодов томата и перца. Кроме того, структура субстрата позволяет вести поливы питательными растворами с дренажом, что обеспечивает поддержание благоприятного солевого режима и режима питания при быстро меняющихся погодных условиях, а также проводить контроль дренажных стоков на предмет концентрации солей (ЕС mSm/cm). **Характеристика** Субстрат упакован в пленочные мешки-контейнеры из прочной черно-белой пленки размером 60 x 35 см, удобно вписывающиеся в схему посадки растений томата, перца, баклажана. Объем субстрата (22 литра) удовлетворяет требованиям тепличного овощеводства. Особое значение контейнерная культура приобретает в связи с возможностью отказа от пропаривания грунтов, зараженных нематодой, что экономит до 10-15 % электроэнергии. Гарантийный срок хранения торфяных субстратов - 2 года.

Субстрат для малообъемной технологии должен отвечать **определенным требованиям**: не выделять токсические вещества, не нарушать питательные режимы и не изменять в значительной степени реакцию раствора, иметь высокую пористость, хорошую аэрированность и

влагоемкость, прочность при использовании.

Несмотря на довольно широкое внедрение минеральной ваты, **торф остается в нашем овощеводстве одним из основных субстратов.** Благодаря низкой объемной массе, высокой пористости и значительной емкости поглощения, он с успехом используется для малообъемного способа выращивания растений в теплицах. Преимущества торфа перед минеральной ватой (особенно одногодичного срока использования) следующие: сравнительная дешевизна, наличие биостимулирующих свойств, выделение большого количества CO₂, простота утилизации.

Лучше всего использовать верховой торф со степенью разложения до 15 %, зольностью до 4-8 %, емкостью поглощения 120-130 мг/экв на 100 г, плотностью 0,1-0,3 г/см³, пористостью 80-90 % с содержанием частиц размером 6-16 мм до 80 %. Крайне нежелательно использовать фрезерный торф с большим содержанием пылевидных частиц диаметром менее 1 мм. Содержание пыли не должно превышать 3 %. Вместо фрезерного торфа лучше использовать торф, заготовленный с помощью дискования.

Качество торфа зависит главным образом от образующих его растений и степени разложения. Степень разложения торфа можно определить глазомерно. **В верховом торфе** низкой степени разложения видны стебли и листочки сфагновых мхов, остатки древесины и кора сосны. При высокой степени разложения верховой торф представляет собой рыхлую массу. Цвет изменяется от светло-бурого и бурого при низкой степени разложения до темно-коричневого - при высокой.

Для низинного торфа характерно наличие следующих растительных остатков: корешки осок, остатки хвоща, стебли и листочки мхов, корневища тростника, обломки коры березы. При низкой степени разложения низинный торф имеет буро-коричневую и коричневую окраску, при высокой - черно-коричневую и черную.

При использовании торфа, особенно верхового, в теплицах происходит быстрый процесс его разложения, при этом уменьшается размер частиц, снижается пористость и запас воздуха, в то время как объемная масса и объем воды увеличивается. Торф высокой степени разложения (больше 25 %) не следует применять для малообъемного способа выращивания, так как для этой технологии очень важно достаточное содержание воздуха в субстрате.

Водно-воздушный режим в торфяном субстрате определяется размером пор. Тонкие, мелкие поры чаще всего заполнены водой, крупные - воздухом. Размеры пор в большей степени зависят от размера частиц торфа. Чем меньше частицы торфа, тем неблагоприятнее для растений водно-воздушный баланс. Большое количество частиц размером 1 мм и менее приближает содержание воздуха в субстрате к нулю.

Содержание твердой фазы в верховом торфе составляет 3-10 % объема, при этом поры занимают 80-97 % объема. При наименьшей влагоемкости запас воздуха не убывает ниже 35 %. В низинном торфе твердая фаза возрастает до 15 %, снижается порозность до 85 %, возрастает наименьшая

влагоемкость и снижается запас воздуха до 10 % объема.

При выращивании в малом объеме очень важно, чтобы растения имели хорошо развитую корневую систему, для этого содержание водной и воздушной фаз в торфяном субстрате должно быть 1:1. Этого легче добиться на верховом торфе и очень трудно при использовании низинного торфа, особенно, если заготовка шла методом фрезерования при небольшом углублении фрезы, что способствует увеличению количества пылевидной фракции.

При выращивании растений на торфе по малообъемной технологии с капельным поливом могут использоваться полиэтиленовые мешки с прорезями и полипропиленовые лотки. И в том и в другом случае необходимо, чтобы слой торфа был не меньше 12 см, так как иначе трудно создать оптимальные водно-воздушные условия. В полиэтиленовых мешках создается замкнутое пространство, а это приводит к быстрому уменьшению содержания кислорода в почвенном воздухе. При обильных поливах и недостаточном стоке дренажных вод очень быстро возникают анаэробные условия, в торфе возрастает содержание аммиачного азота, нитратов, что, в свою очередь, препятствует поступлению кальция в растения и может привести к развитию на томатах вершинной гнили, поэтому столь важно количество и качество дренажных разрезов в мешках.

На дно лотка рекомендуется насыпать мелкий химически инертный щебень слоем 2-3 см, так как это значительно улучшает отток дренажной воды из субстрата. Сверху лотки следует закрывать черно-белой пленкой, чтобы не происходило подсушивание верхнего слоя торфа и засоление его из-за испарения капиллярной воды. Как показал опыт применения лотков в тепличных хозяйствах, очень эффективно использовать смесь торфа и агроперлита (фракция 2-5 мм) в равных количествах. Это позволяет легко поддерживать в субстрате оптимальный водно-воздушный режим для развития корневой системы. Применение лотка и такого субстрата наиболее целесообразно для выращивания методом малообъемной культуры короткоплодных пчелоопыляемых огурцов, что подтверждается опытом многих тепличных овощеводческих комбинатов

Очень часто на торфяных субстратах в зимний период наблюдается недостаток воды, что может привести к развитию вершинной гнили на томатах. В апреле, мае, наоборот, часто наблюдается переувлажнение субстрата. Важно помнить, что торф обладает высоким показателем влажности устойчивого завядания растений – 9-17 % объема.

Чтобы не ошибиться в поливных нормах на торфе, следует очень тщательно следить за дренажом. Наличие дренажа говорит о том, что субстрат предельно заполнен водой. Зимой дренаж может составлять 3-5 % от поливной нормы. Весной и летом постепенно количество дренажа может достигать 10-25 % и более. Конечно, большой объем дренажа приводит к перерасходу минеральных удобрений, но это необходимо для сбалансированного питания растений, иначе произойдет засоление субстрата.

Кроме того, важно помнить, что поступление кислорода в субстрат

происходит и с поливной водой. Высокая температура поливной воды также может привести к кислородному голоданию корней растений, так как при увеличении температуры до 25 °С содержание кислорода в воде резко падает.

С внедрением малообъемной технологии очень важно с первого дня следить за количеством дренажа и его химическим составом. Сделать это быстро позволяет автоматизированная, подключенная к компьютеру, система контроля и анализа дренажа, которая непрерывно отслеживает количество дренажной воды, а также ее ЕС и рН. Программа, заложенная в компьютер, позволяет оперативно изменять ЕС и рН подаваемого питательного раствора в зависимости от результатов анализа дренажной воды, проведенного контроллером системы, а также автоматически увеличить или уменьшить количество подаваемого раствора. Для увеличения воздухоемкости торфа часто используют смесь торфа с агроперлитом в соотношении 50—70% : 50—30%. При поливах применяют такие нормы, чтобы в субстрате оставалось 20% пор не заполненных водой для поступления кислорода.

Кокос

В практике тепличного производства в последние годы все более широко используется новый субстрат из органического сырья, который характеризуется высокими технологическими свойствами и долговечностью использования.

Процесс подготовки:

- хранение кокосовых орехов (минимум 3 года) орехов в больших буртах – естественное компостирование,
- переработка массы с одновременным отделением волокна с поверхности скорлупы,
- удаление кокосовой массы из мякоти сердцевины скорлупы и мелких частиц пыли,
- сортировка волокон по длине и дважды,
- просеивание вместе с оставшейся размолотой сердцевиной,
- химический анализ (должен иметь рН 5,5-6,5; Ес - менее 1мСм/см),
- сушка,
- прессовка, упаковка.

Достоинства кокосовых субстратов:

- высокая воздухоемкость (28 % и более при полном насыщении субстрата водой),
- высокая влагоемкость,
- биологически активен,
- стойкость фибровых волокон к разложению в течение длительного периода (до 8-10 лет),
- хорошая буферностью,
- содержит минеральные вещества (калий, микроэлементы)

Кокосовые субстраты изготавливают из кокосового волокна, покрывающего плоды кокосовой пальмы. В течение минимум трех лет кокосовые орехи (скорлупа орехов вместе с волокном) хранят в больших буртах, где они хорошо увлажняются в течение ежегодных двух сезонов

муссоновых дождей большой продолжительности и интенсивности, т. е. до 6 раз за трехлетний период. Это способствует естественному компостированию и разложению части органического вещества. После этого массу перерабатывают с одновременным отделением волокна с поверхности скорлупы. В процессе механизированной переработки компостной массы удаляют некоторое количество кокосовой массы из мякоти сердцевин скорлупы и мелких частиц пыли, затем волокна сортируют по длине и дважды просеивают вместе с оставшейся размолотой сердцевиной. В этот период проводится химический анализ для определения необходимости его дополнительной доработки. Хорошо вызревший кокосовый субстрат должен иметь следующие показатели: показатель pH 5,5-6,5; Ес - менее 1 мСм/см. Недостаточно вызревший субстрат имеет показатель pH около 8, показатель Ес - 2,5 и более мСм/см в разрыхленном состоянии.

Для выращивания различных культур используют кокосовые субстраты разных сортов, отличающихся по механическому составу. Обычно в готовых субстратах выделяют размер частиц крупных фракций, остальные - это мелкие компостированные частицы. Фракция фибровых волокон длиной 1/4 дюйма - 6,3 мм, 1/2 дюйма - 12,5 мм и 3/4 дюйма - 18,9 мм. Так, например, кокосовый субстрат от фирмы «Пелемикс», поставляемый для нужд тепличного овощеводства и цветоводства, фирмой АТК представлен смесью всех трех фракций фибровых волокон или отдельных фракций и мелких кокосовых частиц. Он характеризуется высокой воздухоемкостью 28 % и более при полном насыщении субстрата водой, т.е. около 100 % НВ (наименьшей, т.е. - капиллярной влагоемкости). Это одно из важнейших свойств кокосового субстрата, так как постоянное насыщение субстрата воздухом, т.е. кислородом, обязательное условие сильного развития корневой системы, особенно в условиях малообъемной культуры. Если основная масса волокон (70 %) состоит из частиц длиной 3/4 дюйма, то такой субстрат при насыщении его водой до 100 % НВ, содержит до 37 % воздуха, из частиц длиной 1/2 дюйма - 24-28 % воздуха, из частиц 1/4 дюйма - 15 % воздуха.

Вторым важным свойством кокосового субстрата является стойкость фибровых волокон к разложению в течение длительного периода - до 8-10 лет, хотя мелкие частицы (до 30 % объема) постепенно (через 4-5 лет) частично разлагаются и несколько снижают общую воздухоемкость. При длительном использовании кокосового субстрата его периодически дезинфицируют паром или добавляют небольшое количество свежего субстрата и продолжают использовать.

Преимущество выращивания тепличных овощей (томаты, огурцы, перец и другие) и цветов (розы, герберы, гвоздики и другие) на кокосе в сравнении с другими субстратами, в том числе в минеральной вате, верховом торфе, торфоперлитном и другими субстратами для малообъемной культуры состоит в следующем:

- высота капиллярного подъема воды с наивысшим соотношением вода-воздух оптимальна до 17-20 см,
- буферностью, то есть свойством удерживать в поглощающем комп-

лексе катионы и анионы, способностью иметь некоторый запас подвижных элементов питания, усваиваемые растениями, при недостатке их в субстратном растворе.

Свежеиспользуемый субстрат имеет показатель рН от 5,5 до 6,5, несколько повышенное количество калия, небольшое количество кальция и магния. Оптимальный уровень рН субстратного раствора находится в пределах 5-6. Кокосовые субстраты используются как в чистом виде, так и в смеси с другими, в зависимости от культур и видов продукции (рассада, горшечные культуры, контейнерная культура). Для выращивания овощных тепличных культур, клубники, гвоздики, герберы, лилии, различных летних и сезонных растений, для удешевления субстрата используют смесь кокоса с верховым торфом, перлитом, корой и другими компонентами.

При получении кокоса и распушивании его необходимо провести анализ методом водной вытяжки 1 : 2 для определения в нем остаточных количеств К, Na, С1 и провести промывание субстрата до необходимого уровня. Такая заправка отражена в сертификате качества. Если поставляется незаправленный субстрат, то проводят вышеуказанный анализ и дозаправку субстрата проводят до начала выращивания.

Средним показателем заправленного кокосового субстрата является следующая концентрация солей (мг/л субстрата в водной вытяжке): NO₃ - до 90, Р - до 15, К - до 90, Са - до 100, Mg - до 27, Fe - 0,7, рН - 5,0, Ее - до 1,0. При необходимости возможны более высокие уровни заправки для томатов, огурцов.

Для выращивания овощных культур малообъемным методом поставляются специально подготовленные прессованные маты длиной 60-120 см, шириной 15-30 см, высотой после размокания 12-18 см, хотя в прессованном виде имеют высоту 2-3 см, весом 1,6-5 кг и объемом субстрата после его размокания 14-50 л, в зависимости от выращиваемой культуры. Все маты упакованы в мешки из ультрафиолетостойкой пленки, черной внутри и белой снаружи. Такие мешки не разлагаются под действием солнечных лучей в течение нескольких лет. Основную массу в них занимают кокосовые волокна длиной 1/2 и 3/4 дюйма. На кокосовых матах выращивают томаты, огурцы, перец, баклажаны, землянику, розы, герберы и другие культуры. После нескольких лет эксплуатации такого субстрата его можно пропарить, добавить при необходимости агроперлит и снова использовать.

Перлит

Перлит *производят* из вулканических алюмосиликатных горных пород, которые сначала измельчают, затем нагревают до температуры около 1000 °С. При такой температуре кристаллизованная вода, которая входит в структуру разрушаемой породы, переходит в газообразное состояние и расширяет частицы, что похоже на воздушную кукурузу, и образуется очень легкая, насыщенная воздухом белая минеральная структура. Отдельные гранулы, размеры которых варьируют в пределах от пылеватых до около 6-7 мм с грубой неровной поверхностью, содержат наполненные воздухом полости. Как и большинство субстратов, используемых в настоящее время в

растениеводстве, перлит первоначально разрабатывали для промышленных нужд. В данном случае в качестве легкого теплоизоляционного материала для промышленности стройматериалов.

Перлит очень легкий, его плотность в россыпи составляет около 100 кг/м³, или около одной двадцатой веса песка. Отдельные гранулы различаются по диаметру до 6 и более мм, но сорта, используемые в растениеводстве - агроперлит, обычно бывают в диапазоне 2-5 мм. Важно, чтобы размеры гранул растениеводческой градации перлита не были слишком мелкими. Доступная вода удерживается между неровностями поверхности гранул и внутри их. Грубая внешняя поверхность гранул в основном отвечает за существенное капиллярное притяжение, которым перлит обладает по отношению к воде. Перлит обладает незначительной катионообменной способностью, которая действительно является более инертной, чем многие другие субстраты, рассматриваемые здесь. Номинальное значение рН составляет около 7,0-7,5, но это имеет небольшое практическое значение, так как материал не обладает существенным влиянием на рН питательного раствора, удерживаемого внутри этого объема. Отдельные гранулы достаточно прочны для оказания сопротивления некоторому давлению без разрушения, поэтому субстрат можно повторно использовать несколько раз без каких-либо существенных изменений его физических свойств. Он устойчив к температуре пара, поэтому его можно стерилизовать при необходимости, как на месте, так и в россыпи в автоклаве.

Перлит впервые рассматривали в качестве субстрата для производства томата, его использовали в больших 60-литровых, мешках цилиндрической формы, каждый из которых содержал 6 растений, которые поливали индивидуально через капельницы. Этот подход вскоре был изменен на использование более мелких 20-30-литровых мешков, длиной около 90 см, с тремя растениями в каждом, и которые можно было помещать с каждой стороны обогревательной трубы. В обоих случаях ключом к успеху было наличие мелкого отстойника в основании каждого контейнера, из которого питательный раствор можно удалить, используя преимущества сильной капиллярной активности субстрата. Обеспечение запаса питательного раствора все время поддерживает содержание воды в перлите до некоторой определенной высоты больше запаса и будет оставаться постоянным, какими бы ни были потребности культуры. В последнее время распространена культура на мешках-матах размером 100 x 30 x 20 см.

Обогрев корневой зоны достигается с помощью системы расположенной на мешках с перлитом либо под мешками, либо под водостоком. В обоих случаях контур обогрева должен быть установлен на полистироловой плите для изоляции системы от пола теплицы. Системы с перлитом обычно орошают путем размещения капельниц на вершину каждого мешка.

Рассаду, которая была высажена в перлит, выращивают в минераловатных кубиках или в кассетах с перлитом, но необходимо провести посадку с особой тщательностью. Это связано с необычайно сильной

капиллярной силой перлита, которая может вытягивать так много питательного раствора из минеральной ваты, что становится трудно поддерживать минераловатные кубики соответствующе влажными до тех пор, пока корни не станут доставать до перлита. Тщательное увлажнение перлита перед высадкой является, очевидно, важным, но этого не достаточно, чтобы избежать проблемы иссушения.

Необходимо часто подавать маленькие объемы раствора на растения, чтобы поддерживать кубики постоянно влажными, до полного укоренения растений.

Альтернативным способом является выращивание растений на перлите в горшках с решетчатыми основаниями емкостью примерно 1 литр. Семена прорастают в перлите в лотках, а проростки вскоре после появления всходов помещают в решетчатые горшки, которые предварительно хорошо увлажняют питательным раствором, который будет использоваться после высадки. Решетчатые горшки располагаются в больших полиэтиленовых вытянутых лотках, образующих неглубокие резервуары так, чтобы субстрат сохранялся влажным, но не переувлажненным.

Технология моделей субстратов для перлита вместе с другими гранулированными материалами, сильно отличается от тех, которые используются для минеральной ваты и других плит. Для обычного повседневного мониторинга за ситуацией с электропроводностью и рН раствора является достаточным отбирать раствор из резервуара, дренажа. Одним из способов сделать это является установление нескольких 2-3 см в диаметре трубок в систему с основаниями в резервуаре, и использовать шприц для отбора малого объема раствора со дна каждого тестируемого объекта. Необходимо по меньшей мере 12 - 15 точек для проб, чтобы обеспечивать действительно значимые данные. Электропроводность раствора в перлите обычно составляет около 1,0 мСм/см.

Перлит можно использовать для ряда последующих культур, если его стерилизовать каждый раз перед повторным использованием. Имеются некоторые свидетельства, что укоренение культуры не всегда может быть таким высоким при повторном использовании и на необработанном перлите, как на новом материале; стерилизация паром может действительно увеличить урожайность по сравнению с той, которая достигается на новом перлите. Это влияние также наблюдается с некоторыми другими субстратами.

Целит

Цеолиты - природные горные минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных элементов. Измельченные цеолитовые туфы обладают хорошей порозностью, высокой ионообменной и адсорбционной способностью, воздухо- и водопроницаемостью, значительным содержанием питательных элементов - калия, магния и кальция. Они не содержат азот и фосфор, которые нужно вносить с минеральными удобрениями. Благодаря высокой обменной емкости поглощения катионов (1-5 мг-экв/ г) цеолиты могут удерживать значительные количества ионов калия и аммония, внесенных с удобрениями и доступных для растений.

Такие свойства цеолитов позволяют использовать их в качестве субстратов для тепличных культур.

Отдельные сельскохозяйственные растения проявляют специфические требования к содержанию азота в субстрате. Огурцы и, особенно, томаты дают высокий урожай на всех модификациях субстрата.

Плодородие субстрата не уменьшается после первого урожая, что подтверждается урожаями культур, посаженных повторно.

С агрономической и производственной точек зрения цеолитовые субстраты отличаются следующими достоинствами:

- большой потенциал элементов минерального питания; хорошие физические свойства, большая воздухоемкость; длительность эксплуатации; отсутствие сорняков;

- стерильность и хороший эстетический вид.

Хорошие физические свойства субстрата благоприятствуют газообмену и обеспечивают формирование мощной корневой системы и надземной части растений, что способствует более быстрому развитию и более раннему плодоношению. Применение цеолитовых субстратов изменяет технологию выращивания растений. Большой запас питательных веществ обеспечивает нормальное питание растений при снятии нескольких урожаев.

Растительная продукция отличается хорошими вкусовыми качествами. Лабораторные исследования показали, что ее химический состав отвечает международным стандартам, и в ней не обнаружены нитраты и нитриты.

При производстве рассады овощных культур субстрат показывает ряд преимуществ - более быстрое прорастание семян, формирование сильной корневой системы и надземной части, что в известной степени предопределяет и получение высокого урожая.

Цеолиты используют в чистом виде или с некоторыми добавками (перлит, кокос). При выращивании на цеолитах избыточного накопления нитратов в продукции не происходит.

При работе с цеолитовыми субстратами следует обратить внимание на наличие в растворе и поступление в растение кремния.

Следует избегать наличия мелкой фракции цеолита (0-2 мм). Ее доля в процессе эксплуатации цеолита возрастает.

Минеральная вата

Минеральная вата появилась в 80-ые годы в Дании, к концу 90-х распространилась и в других странах. Минеральную вату стали рассматривать в качестве материала для корней, который мог бы свободно увлажняться и дренироваться, а также которым можно было бы управлять для обеспечения оптимального соотношения между воздухом и водой в корневой зоне.

Минеральную вату, которую еще называют каменной ватой, **производят** из базальтовых горных пород или сходных с ними диабазов. Измельченную горную породу смешивают с коксом и смесь доводят до точки плавления при температуре 1600 °С. Затем из расплавленного материала делают волокна. Длина и толщина волокон - важные факторы, определяющие

физические характеристики конечного продукта. Расплавленная горная порода попадает на диски, ее комбинируют с добавками, включающими известняк, смачивающий агент и органический полимер, соединяющий волокна вместе для производства плит. Полимеры обычно производят на основе фенола - материала похожего на пластичный бакелит. Другие материалы добавляют для обеспечения поглощения воды, хотя водоотталкивающая форма (наиболее часто используемая в качестве изолирующего материала в стройматериалах) также используется в гранулированной форме, как составная часть компостных смесей или как материал, добавляемый в почву.

Все минераловатные плиты стандартной плотности, пригодные для использования, показали, что они сохраняют соответствующую структуру в течение 4-х лет или больше для одной культуры длительного выращивания, как розы, или выдерживают повторное использование, по меньшей мере, для трех однолетних культур со стерилизацией паром перед каждой новой культурой. Плиты с пониженной плотностью имеют более короткий эксплуатационный период, но даже их можно стерилизовать и постоянно использовать, по меньшей мере, еще раз, если они хорошего качества. В производстве в настоящее время используют минплиты с разными свойствами, различных торговых марок.

Два основных **преимущества** минеральной ваты - ее стерильность и способность обеспечивать оптимальное соотношение воздуха и воды в корневой зоне, при соответствующем регулировании интенсивности полива.

Культура и субстрат всегда должны быть полностью изолированы от пола теплицы. Это обычно делается путем укладки полиэтиленовых полотен, тканей, лотков на поверхность почвы. Если эти перекрытия расположены в небольших углублениях между каждой парой рядков культуры, любые стоки раствора или остаточные количества воды от орошения культуры будут удаляться с поверхности.

Даже если минеральные плиты установлены над полом в лотках или на стеллажах, покрытие пола все еще необходимо для предотвращения попадания на субстрат каких-либо болезнетворных для корней микроорганизмов. Чем дольше культура остается на своем месте, тем больше внимания следует уделять для изоляции пола. Перед тем, как покрыть пол теплицы необходимо провести выравнивание поверхности. Характеристики стоков для минеральной ваты таковы, что необходим только очень слабый уклон вдоль или поперек ширины каждой плиты во избежание бессточных областей внутри субстрата и для отведения нежелательного дренажного стока.

Основной особенностью минеральной ваты является то, что она позволяет удерживать регулируемое равновесие между воздухом и водой в структуре. Это значит, что культура никогда не будет страдать ни от водного стресса или иссушения или от подтопления, ни от кислородного голодания.

Минераловатная плита состоит только из 5 % объема волокон и 95 % пространства пор. Когда добавляют воду к минераловатной плите со свободным дренажем, он будет стекать до определенного уровня и оставлять

воздух и воду без этого порозного пространства. Плита насыщенная до полной влагоемкости, и получившая возможность свободного стока в основании останется с содержанием воды около 65% и содержанием воздуха около 30%, хотя действительные значения будут зависеть от таких факторов, как плотность волокон, высота плиты, направления волокон и наклона плиты. Таким образом, 10-литровая плита длиной 1 м будет получать более 6 л воды после орошения.

Воздух и вода распространяются в плите неравномерно. Очевидно, что большая часть воды будет в нижней части плиты, а больше воздуха - в верхней части при определенных условиях, сопровождающих каждый цикл орошения. Характер распространения воздуха и воды внутри плиты используется культурой и позволяет ей развивать корневую систему по всей части общего объема, имеющего наилучший баланс для этой культуры. Многие культуры развивают более грубые корни, ищущие воду у основания плиты или вблизи него, а структуру тонких корней - выше. Если плотность волокон внутри плиты различается сверху вниз, распространение воздуха и воды внутри объема плиты можно в дальнейшем исправить.

Независимо от того, какой тип плит используется, масса корней у большинства культур будет обнаружена внутри ограниченной части общего объема плиты там, где условия для корневой системы оптимальны.

Минеральная вата имеет ряд преимуществ в сравнение с торфом:

- обладает высокой порозностью для воздуха и воды;
- поддерживает хорошее соотношение содержания воздуха и воды;
- химически инертна;
- структурно стабильна и имеет постоянство качества;
- не содержит патогенов;
- ее можно стерилизовать паром, химически и использовать повторно несколько оборотов.

Так как минеральная вата в сравнении с другими материалами является субстратом для большинства растениеводческих культур, ее можно надежно использовать в качестве альтернативы почве, если доступно определенное оборудование. Возможно, наиболее важным является источник воды хорошего качества в достаточном количестве в соответствии с потребностями культуры в течение года. Необходимый объем воды в любое время является существенным, особенно в летние месяцы.

Первой возможностью выбора, принимаемой во внимание, является дождевая вода. Она не содержит нерастворимых солей, поэтому является идеальной для использования на минеральной вате она одна либо в сочетании с водой из менее подходящего источника. Если вода хорошего качества недоступна, тогда следует рассмотреть возможность использования обработки воды для удаления нерастворимых солей.

Другим существенным требованием для минеральной ваты является способность постоянно обеспечивать полный питательный раствор для культуры. В отличие от почвы, которая обычно обеспечивает основной источник питательных элементов, таких как кальций, фосфор и большинство

из основных микроэлементов, минеральная вата полностью инертна. Существует несколько способов приготовления и подачи правильно заданного питательного раствора для культуры, начиная от относительно простых и негибких, состоящих из одного смесительного бака, и до устройств из нескольких смесительных баков под компьютерным управлением.

Растения выращивают в небольших изолированных объемах, часто только два или три на одной плите, поэтому важно знать, что каждая плита получает одинаковый объем питательного раствора при каждом поливе. Этого нелегко достичь, особенно, если применяемые объемы достаточно низкие и могут составлять до 50 мл/растение за 1 цикл полива. Правильный нормируемый полив и эксплуатация системы орошения являются основным фактором для успешного выращивания на минеральной вате.

Недостатком минваты является необходимость многократных, особенно летом, циклов полива в течение дня, достигающих 20-25 циклов за день, что увеличивает нагрузку на системы капельного орошения.

2. Методы гидропоники. Агрегатопоника. Водная культура. Хемопоника. Ионитопоника. Аэропоника.

Выращивание растений без почвы, в искусственно регулируемых условиях, имеет много преимуществ перед выращиванием в обычных грунтовых теплицах. При этом рационально используется площадь теплицы, улучшаются условия корневого питания, создаются благоприятные условия водно-воздушного режима.

В растениеводстве защищенного грунта этот метод открывает большие возможности для механизации и автоматизации производственных процессов.

В связи с быстрым развитием и внедрением гидропоники большое значение имеет обобщение результатов научных исследований и опыта передовых гидропонных комбинатов. Такую задачу и ставят перед собой авторы данной книги.

Методов выращивания растений без почвы много. Они отличаются по способам снабжения корневой системы растений воздухом, водой и элементами минерального питания. Различают следующие методы гидропоники: агрегатопоника; водная культура; хемопоника; ионитопоника; аэропоника. Из всех разновидностей гидропоники промышленное значение в тепличном овощеводстве имеет агрегатопоника.

Агрегатопоника - выращивание растений на твердых субстратах, обладающих небольшой влагоемкостью с периодической подачей раствора минеральных удобрений. В странах СНГ по этому методу выращивали растения на площади около 120 га.

Водная культура - выращивание растений в водной среде нашло применение в гидропонных установках Болгарии, Чехословакии, Германии других стран.

При водной культуре устраняются свойственные агрегатопонике

недостатки, но возникают трудности в поддержании определенной концентрации и реакции питательного раствора, изменение которых за оптимальные пределы может привести к снижению урожайности или гибели растений. Кроме того, затрудняется одновременное и бесперебойное снабжение корневой системы растений раствором минеральных солей и кислородом воздуха. Растворимость кислорода в воде очень низкая. В 1 л питательного раствора при температуре 20 °С содержится всего 9,4 мг этого элемента. Такое низкое его содержание не может обеспечить нормального дыхания корневой системы, поэтому корни растений в водном растворе испытывают кислородное голодание, т. е. находятся в состоянии удушья. Для обеспечения нормального роста культур водный раствор необходимо обогащать кислородом. С этой целью применяют продувание воздуха через раствор специальными компрессорными установками.

Для улучшения снабжения корневой системы кислородом воздуха только незначительную часть ее погружают в питательный раствор, а остальную размещают во влажном пространстве над раствором.

В последние годы учеными различных стран начаты разработки более приемлемых для промышленного возделывания овощей методов водной культуры. Один из таких методов успешно применяют в Болгарии и Германии. Он заключается в том, что растения выращивают в желобах из светонепроницаемой полиэтиленовой пленки. Желоба, в которых находится корневая система, устанавливают на ровной поверхности грунта теплицы с небольшим уклоном (1 : 100). Из специальных резервуаров, установленных внутри теплицы, питательный раствор через водопроводные трубы поступает в желоба и по наклонной плоскости равномерно стекает (слоем 1-2 см), смачивая корни растений. Раствор, достигший конца желоба, поступает в общую канавку с небольшим резервуаром и с помощью небольшого электрического насоса снова возвращается в резервуар. При этом контролируется кислотность раствора и его электропроводность. Чем выше концентрация питательного раствора, тем больше его электропроводность. Когда электропроводность снижается до определенной величины, проводят корректировку раствора. Если он подщелачивается, его корректируют внесением ортофосфорной кислоты, а при подкислении вносят едкий калий. Преимущество этого метода водной культуры заключается главным образом в том, что для роста корневой системы создаются оптимальные условия. Растения постоянно получают в достаточном количестве влагу, питательные вещества и кислород воздуха. Все это способствует получению высокого урожая выращиваемых культур.

В Институте овощеводства Германии в Гросберне урожайность огурца составляет 53 кг с 1 м² полезной площади теплиц, а томатов с 1 м² получают до 32 кг. Этим способом в хозяйствах стран СНГ выращивают салат и зеленные культуры.

Хемопоника. Этот метод близок к культуре растений на почвосмесях. В качестве субстрата используют следующие виды органических материалов: верховой торф со степенью разложения 30 %, сфагновый мох, древесную ко-

ру, опилки, рисовую шелуху, отходы хлопчатника и др. Срок использования этих материалов в качестве субстрата 1-2 года. Некоторые из органических материалов требуют предварительной подготовки - измельчения (кора, стружка) и корректировки реакции среды. Минеральное питание осуществляют поверхностным поливом питательным раствором. Хемопоника не требует специального оборудования, ее можно применять во всех видах защищенного грунта. В последние годы все большее распространение получает культура на кокосовом субстрате с длительным сроком его использования.

Ионитопоника - совершенно новый метод, по своему существу близок к агрегатопонике. Субстрат состоит из смеси двух типов синтетических ионообменных смол: катионита КУ-2 и анионита ЭДЭ-10П. Катионит - это не растворимый в воде светло-желтого цвета полимер, имеющий сильноокислую реакцию, хорошую сыпучесть. Размер его гранул 0,3-0,5 мм. Гидроксилы он меняет на ионы минеральных солей (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} и др.). Анионит ЭДЭ-10П свои ионы меняет на SO_4^{--} , NO_3^- , $H_2PO_4^-$ и др. Это желтый сыпучий полимер, размер его гранул 0,30-1,5 мм. Оба ионита прочные, химически стойкие, не разлагаются при воздействии кислорода, света и при обычной температуре. В отличие от агрегатопоники, питательные вещества находятся в составе субстрата, поэтому поливают только чистой водой. По существу это искусственная почва.

Аэропоника. Этот метод возделывания растений является более удачной модификацией беспочвенной культуры, чем метод водной культуры. Сущность его заключается в том, что корневая система растений развивается в условиях воздушной среды в полном пространстве, где через каждые 12-15 мин. в течение 5-7 сек. ее опрыскивают питательным раствором из форсунок.

При этом методе корни растений наиболее полно обеспечиваются кислородом воздуха. Для предупреждения подсыхания необходимо вовремя смачивать их водным раствором.

Аэропоника имеет неоспоримые преимущества перед гравийной культурой, так как при её применении отпадает необходимость в завозе, подготовке, стерилизации субстратов. Нет опасности поражения растений галловой нематодой. Однако этот метод выращивания растений требует безотказной автоматики и при усовершенствовании он как более экономичный находит широкое применение в тепличных хозяйствах страны, особенно для выращивания салата и других малообъемных растений.

3. Гравийная культура

Питательный раствор при гидропонной культуре подается путем поверхностного увлажнения или подтопления.

Поверхностное увлажнение заключается в том, что питательный раствор подается на поверхность субстрата струей или каплями, а излишек раствора выводится через дренажные трубы, уложенные на дне стеллажей или поддонов. К этому способу подачи раствора относится так называемый бенгальский, который получил широкое применение в Индии, Австралии, Пакистане и Бирме.

При бенгальском способе растения выращивают в негерметичных поддонах, наполняемых песчано-гравийной смесью. Через каждые десять дней в междурядья вносят сухую питательную смесь (по 50-70 г/м²), после чего субстрат поливают так, чтобы влага достигла корневой системы растений. В течение недели поливают 2-3 раза. Избыток раствора сбрасывается через отверстия в поддонах.

Метод поверхностного увлажнения применяется также при выращивании овощей в бороздках. В качестве субстрата здесь используются предварительно пропаренные опилки хвойных и лиственных пород, а также перлит или вермикулит. На песчаном основании теплиц делаются бороздки шириной и глубиной 20 см. Их выстилают кусками полиэтиленовой пленки шириной 60-70 см с отверстиями для удаления излишков раствора по продольной оси. Борозды засыпают предварительно пропаренными древесными опилками так, чтобы они образовали валик.

Подкармливают растения дождеванием через определенные промежутки времени. После прекращения подкормки излишки питательного раствора уходят в дренаж, не вызывая заболачивания.

Рыхлая структура опилок обеспечивает хорошую аэрацию корневой системы растений, а малые объемы субстрата в борозде быстро прогреваются воздухом теплицы, обеспечивая необходимый температурный режим в корнеобитаемом слое. Пленка, выстилающая борозду, до определенной степени играет роль экрана, предотвращающего переохлаждение корневой системы растений подстилающим дренажным песком. По принципу обеспечения растений водой и питательными элементами эта система относится к хемопонике. Она выгодно отличается от гравийной культуры своей простотой и доступностью для любого хозяйства. Однако при этом безвозвратно теряется значительная часть питательного раствора, загрязняя окружающую среду.

Более совершенным является автоматический *капельный полив*, повсеместно применяемый в гидропонных теплицах. В таких теплицах в качестве субстрата используется инертный материал Гродан (минеральная вата), укладываемый в обычную полиэтиленовую пленку на ровной поверхности грунта в теплице. Через систему полихлорвиниловых труб к каждому растению подведена капиллярная трубочка (капельница) для одновременного орошения и подкормки растений. Компьютер регулирует концентрацию, кислотность, время и количество подачи питательного раствора, необходимого для увлажнения субстрата.

Этот метод увлажнения имеет несомненные преимущества перед другими, так как может обеспечить очень точное и равномерное распределение малого количества раствора на площади без увлажнения вегетативной массы растений и воздуха теплиц. Этот способ - основной в тепличном растениеводстве.

При капельном методе орошения вместо минваты можно использовать предварительно произвесткованный малоразложившийся сфагновый торф. Таким образом используют органические (торф, кокос) субстраты и неорга-

нические (мин вата, цеолит, перлит, вермикулит и некоторые другие).

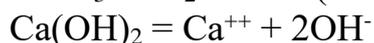
В тепличных гидропонных комбинатах нашей страны при гравийной культуре питательный раствор подают *способом подтопления* (так называемый субиригационный метод). Растения высаживают в водонепроницаемые стеллажи или поддоны, наполненные искусственными, хорошо водопроницаемыми субстратами, в которые питательный раствор подается снизу. После прекращения подачи он самотеком удаляется из стеллажа или поддона (рис. 5.4). Такое увлажнение субстрата создает оптимальные условия для аэрации корневой системы растений.

Субстраты для выращивания растений при гравийной культуре.

При выращивании растений без почвы в качестве субстратов могут быть использованы различные местные материалы. В тепличных гидропонных комбинатах Украины использовали преимущественно гранитный щебень, в Москве и Санкт-Петербурге - измельченный керамзит, а в отдельных гидропонных установках - вспученные вермикулит и перлит, каменноугольный шлак и полихлорвиниловый субстрат. В некоторых случаях применяют органические субстраты: торф, мох, древесные опилки.

Для обеспечения нормального роста и развития растений субстрат должен обладать определенными свойствами.

Во-первых, он не должен содержать каких-либо ядовитых веществ, должен быть относительно химически инертным и нейтральным, чтобы не изменять химических и физико-химических свойств питательного раствора. Некоторые субстраты содержат карбонат кальция (CaCO_3), который, растворяясь под действием раствора и корневых выделений, подщелачивает раствор за счет повышения концентрации ионов OH^- и Ca^{++} , образующихся при гидролизе:



Повышенное содержание кальция в растворе вызывает осаждение фосфатов. Таким образом, субстрат, содержащий CaCO_3 , не способствует нормальному росту растений.

Во-вторых, субстрат должен обладать достаточной водоудерживающей способностью и хорошей аэрацией. Эти его свойства в значительной степени зависят от размера частиц. С их увеличением резко снижается водоудерживающая способность субстрата и повышается его пористость. Такие субстраты, как измельченные вермикулит, перлит и керамзит, обладают высокой водоудерживающей способностью, а гравий и гранитный щебень - низкой.

В-третьих, субстрат должен быть достаточно прочным.

Этим требованиям отвечает ряд материалов - гранитная щебенка, гравий, песок, керамзит, пемза и др., которые и используются как субстраты при агрегатопонике.

Субстрат для выращивания овощных растений не должен влиять на состав питательного раствора. Поэтому заранее определяют его кислотность, химический состав и инертность. Для этого его заливают питательным

раствором, в котором предварительно определяют концентрацию элементов питания и кислотность. Через 8-10 часов раствор фильтруют и снова проводят анализ. Если химический состав раствора не изменился, субстрат используют для выращивания растений. Если же субстрат не является достаточно химически инертным, то перед посадкой в него растений требуется предварительная подготовка.

Для предупреждения связывания фосфора полуторными оксидами и кальцием, свежий субстрат перед посадкой растений зафосфачивают, т.е. дают избыток фосфора с тем, чтобы связать все имеющиеся ионы алюминия, железа и кальция в виде фосфорнокислых солей. Субстрат заливают 2%-ным раствором вытяжки из суперфосфата и выдерживают в течение суток, после чего промывают водой. Для этих целей можно использовать вместо вытяжки из суперфосфата ортофосфорную кислоту. Карбонаты кальция, содержащиеся в субстрате, при взаимодействии с ортофосфорной кислотой образуют на поверхности мало растворимую в воде пленку фосфата кальция. Химическая инертность субстрата значительно увеличивается.

Гравий. В гидропонике используют кремниевый или кварцевый гравий, не содержащий углекислого кальция. Наличие в нем карбонатов приводит к подщелачиванию питательного раствора (до pH 8 и выше) и выпадению фосфатов из раствора в виде осадка. Оптимальный размер частиц гравия 3-8 мм. Однако при таком размере частиц очень низка влагоемкость субстрата. Поэтому к гравию рекомендуется добавлять вермикулит.

Песок. Используют крупный песок (0,6-2,5 мм), не содержащий вредных примесей. Нежелательны пылевидные частицы, которые затрудняют доступ воздуха к корневой системе.

Не рекомендуется использовать очень кислый или же щелочной песок.

Гранитный щебень. Этот субстрат используется довольно широко. Он надежно предохраняет корневую систему от подсыхания и перегрева, на поверхности частиц удерживает достаточное количество питательного раствора и обладает хорошей аэрацией и водопроницаемостью. Он не порист, поэтому легко промывается и дезинфицируется. Размер частиц 3-15, а для рассады 3-8 мм. Частицы имеют остроугольную форму и могут повреждать корни, особенно рассады и молодых растений.

Вермикулит. Химический состав вермикулита непостоянен. При нагревании до 800-1000 °C в течение 30-60 сек вспучивается и увеличивается в объеме в 15-25 раз и более, образуя массы воздушных полостей и приобретая низкую плотность (100-150 кг/м³) и высокую водоудерживающую способность.

Вермикулит отличается высокой емкостью катионного обмена: 65-145 м-экв/100 г минерала. Этот субстрат имеет низкую теплопроводность, что обеспечивает стабильную температуру в корне обитаемой среде. Рекомендуемый размер частиц 5-15 мм.

Однако по сравнению с другими субстратами вермикулит менее прочен и без замены возможно использование не более 4-5 лет. Он подщелачивает раствор, причем обжиг еще больше увеличивает щелочность. Но в процессе

эксплуатации подщелачивающее действие ослабляется, а затем и вовсе исчезает.

Перлит. Вспучивается при тепловой обработке, многократно увеличиваясь в объеме и резко уменьшаясь в плотности (60-150 кг/м³). Химический состав непостоянен.

Перлит как субстрат обладает рядом весьма ценных свойств. Он характеризуется высокой водопоглощающей способностью, хорошо впитывает и медленно отдает воду и элементы минерального питания. Благодаря хорошим теплоизоляционным свойствам он предохраняет корни растений от перегрева.

В качестве субстрата лучше всего применять перлитовую щебенку с размером частиц 5-15 мм. Насыпная масса 55,0-65,0 кг/м³.

Перлитовый песок недостаточно аэрирован, при поливе всплывает и повреждает корни растений. Перлит - субстрат непрочный, при многократном использовании крошится. Без замены используют 3-4 года. Утилизируется внесением в почву. Это способствует улучшению ее структуры и физико-химических свойств.

Керамзит. Получают из глинистых пород путем вспучивания при температуре 1150-1250 °С. Это зернистый субстрат пористого строения, обладает хорошими теплоизоляционными и водоудерживающими свойствами. Но крошится, как и все вспученные материалы. Керамзит инертен: не изменяет рН раствора, не обладает поглотительной способностью по отношению к катионам, не поглощает фосфат-ионов. Однако при длительном использовании на поверхности керамзита откладываются фосфаты кальция, алюминия и железа. По влагоемкости керамзит уступает вспученному перлиту и вермикулиту, но по механической прочности превосходит их.

Широкое внедрение в производство агрегатопоники выдвигает проблему продления срока использования субстрата. При длительном его использовании на его поверхности откладываются соли питательных веществ, т.е. происходит засоление субстрата.

Интенсивность этого процесса зависит от концентрации питательного раствора, размера частиц субстрата, наличия в нем пылевидных частиц, микроклимата теплиц. Засоление субстрата - процесс управляемый. Промывка субстрата в время замены раствора, ежегодная его дезинфекция формалином с последующей промывкой водой, обработка через 3-4 года сильными окислителями способствует регенерации старых субстратов. Для кислотной регенерации используют хлорную воду с последующим зафосфачиванием субстрата; для щелочной - раствор едкого калия (0,15 %).

Одним из решающих факторов старения субстрата является наличие в нем гниющей растительной массы. Продукты разложения корневых остатков и корневых выделений. Накапливаясь в субстрате и растворе, токсически действуют на растения. Наблюдается явление так называемого почвоутомления (аллелопатии), которое проявляется в подавлении ростовых процессов и снижении урожайности.

При беспочвенной культуре общее количество микроорганизмов значительно меньше, чем в почвах и грунтах. Колебание численности микроорганизмов выражено довольно резко: к концу вегетации растений оно возрастает почти в 100 раз. При длительном использовании питательного раствора общее количество микроорганизмов значительно увеличивается.

Микроорганизмы способны выделять физиологически активные вещества, стимулирующие рост и развитие растений (микробы-стимуляторы). Но среди микроорганизмов есть и такие группы, которые своими выделениями ухудшают рост и развитие выращиваемых культур (микробы-ингибиторы).

Обработка семян полезными микроорганизмами позволяет создать в субстрате желаемую микрофлору, а внесение бактерий *Ps. radiobacter* *Bacterim bum* и *chraqtile* увеличивает урожай томата на 13,3-8,3 % в состав питательного раствора должны входить все необходимые элементы минерального питания, потребляемые растениями как в больших, так и в малых количествах, в соотношениях обеспечивающих полноценное развитие растений. Воду, применяемую для приготовления раствора, необходимо анализировать, и содержание в ней химических соединений и величину рН нужно учитывать при составлении растворов.

Некоторые из субстратов, например, вермикулит, перлит и керамзит, непрочны и со временем крошатся, вследствие чего уменьшается размер их частиц и ухудшается аэрация корневой системы растений. Нарушается оптимальное соотношение между твердой, жидкой и газообразной фазами. Такие субстраты нужно менять через каждые 3-4 года, что экономически невыгодно.

При длительном использовании субстраты претерпевают глубокие физико-химические изменения. Наличие в растворе ионов водорода (H^+) и угольной кислоты (HCO_3^-), образующихся при дыхании корней, создает предпосылки для ионного обмена между субстратом, корнями растений и питательным раствором.

С *физическими свойствами* субстрата тесно связаны их водные свойства: влагоемкость и водопроницаемость, от которых в значительной степени зависит водный режим растений.

Наибольшей водоудерживающей способностью отличается вермикулит. Низкая водоудерживающая способность гравия объясняется, кроме отсутствия в нем пор, еще и смачиванием частиц при соприкосновении с жидкостями. Твердое тело не смачивается жидкостью, когда взаимное притяжение ее молекул между собой больше, чем притяжение их к молекулам твердого тела. С увеличением размера частиц водоудерживающая способность гравия, щебня и керамзита резко снижается.

Остающаяся после увлажнения субстрата вода делится на легко- и слабоподвижную. Из применяемых минеральных субстратов больше всего легкоподвижной воды содержит вермикулит, поэтому при выращивании овощных культур его можно увлажнять реже, чем другие субстраты: в солнечную погоду раз в день, в пасмурную - через день, на гравии и щебне -

в солнечную погоду 3-4 и в пасмурную 2-3 раза в день.

В последние годы в гидропонных сооружениях Нидерландов, Дании, Англии, Германии, Франции Израиля и других стран в качестве субстрата используют искусственное волокно, т. е. минеральную вату. Под гравийной культурой значительно сокращены площади теплиц и их переводят на более дешевый способ - малообъемную гидропонику.

Кроме минваты, в ряде стран в качестве субстрата используют высокомолекулярные синтетические соединения типа вспененного полистирола, полиуретана, термопластических полимеров, а также синтетические пенные смолы, обладающие различными водно-физическими и химическими свойствами, что необходимо учитывать при выращивании растений.

Из физических свойств субстрата наиболее важное значение имеет объемная масса, соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз и механическая прочность субстрата. Водно-физические свойства его оказывают существенное влияние на процессы роста и развития растений. На искусственных субстратах значительно увеличивается масса, объем, адсорбирующая поверхность корней рассады и усиливается их нагнетающая и метаболическая активность.

При этом изменяется морфологическое строение корневой системы растений. В частности, на искусственных субстратах они формируют сильно развитую компактную корневую систему с несколько утолщенными и более короткими корнями, тогда как на почве последние меньше ветвятся, но сильно вытягиваются.

Питание