

## Лекция 1.2. Методы регулирования микроклимата в современных теплицах.

1. Отопление и методы регулирования теплового режима.
2. Световой режим. Электродсвечивание растений.
3. Режим влажности субстрата и воздуха. Воздушно- газовый режим.
4. Применение системы зашторивания.
5. Автоматизация системы управления микроклиматом в промышленных теплицах.

### 1. Отопление и методы регулирования теплового режима

Основное назначение культивационных сооружений - создание условий для выращивания овощных и других растений в течение периода, когда возделывание их в открытом грунте невозможно.

В первую очередь это относится к температуре воздуха и почвы, освещенности, влагообеспеченности и содержанию диоксида углерода в воздушном пространстве сооружения. Поскольку эти факторы жизнеобеспечения растений создаются в ограниченном пространстве, совокупность их называют **микроклиматом** культивационного сооружения, а отдельные факторы жизнеобеспечения - параметрами микроклимата.

Оптимальное сочетание параметров микроклимата достигается лишь в камерах искусственного климата и фитотронах с использованием сложного инженерного оборудования и вычислительной техники.

Тепловой баланс культивационных сооружений. Оптимальную температуру воздуха и почвы для растений в сооружениях защищенного грунта создают с помощью системы отопления. Правильный расчет и конструирование системы отопления невозможны без учета всех тепловых воздействий на сооружение. Необходимо также принимать во внимание все тепловые потоки при прогнозировании расхода теплоты для поддержания заданной температуры.

Энергетические ресурсы и схемы теплоснабжения тепличных комплексов. Производство овощных культур в теплицах связано с расходом значительного количества энергии. Основная статья расхода - отопление; велико также потребление электрической энергии. *Большинство тепличных овощных комплексов, состоящих из теплиц круглогодичной эксплуатации, оснащено котельными установками, работающими на природном газе, или получает тепловую энергию в виде перегретой воды от ТЭЦ.* Использование геотермальной теплоты и вторичных энергоресурсов промышленных предприятий в балансе энергопотребления незначительно. В рассадных овощных комплексах наряду с использованием тепловой энергии от ТЭЦ и котельных применяют обогреватели на жидком топливе.

*При теплоснабжении тепличных комплексов различают внешние, или централизованные, и местные схемы подачи тепловой энергии. При местном теплоснабжении можно легко регулировать температурный режим, снижать протяженность тепловых сетей и затраты на их эксплуатацию. При централизованной подаче теплоты ниже себестоимость выработки тепловой энергии, требуется меньше обслуживающего персонала. Однако при*

централизации, особенно при теплоснабжении от ТЭЦ, трудно поддерживать оптимальный температурный режим из-за различных режимов энергопотребления теплиц, промышленного и жилого секторов.

Схемы теплоснабжения выбирают на стадии проектирования тепличных комплексов с учетом конкретных условий эксплуатации.

*Системы отопления тепличных комплексов.* **Системы отопления культивационных сооружений различают** по степени централизации, виду и параметрам теплоносителя и первичной энергии, типу нагревательных приборов. **По виду теплоносителя различают системы** с водяным и воздушным обогревом.

**Трубная система отопления проста** по конструкции, создает равномерное температурное поле и обогревает не столько теплицу, сколько растения. При температуре поверхности труб 90...100 °С доля радиационного обогрева составляет около 50%. Это особенно важно в зимнее время.

**Воздушно-газовый обогрев** обеспечивают при помощи теплого воздуха, пропускаемого по асбоцементным трубам, уложенным в почве. Этот способ обогрева перспективен: он дает возможность не только обогревать почву за счет энергии сжигаемого топлива, но и аккумулировать солнечную радиацию. Днем нагретый солнцем воздух, проходя по асбоцементным трубам, часть теплоты передает почве, а ночью, наоборот, почва отдает теплоту в воздушное пространство.

**Электрообогрев теплицы — выбор оптимальной системы отопления**

*Преимущества электрических систем отопления:*

Высокий КПД и быстрая окупаемость, Чистота микроклимата (отсутствие газов и вредных испарений), полная автоматизация, независимость от человеческого фактора, надежность.

Варианты электрического обогрева

**Электрокалорифер.** Электрообогреватель с закрытыми нагревательными элементами и вентилятором, для лучшей циркуляции теплого воздуха, как правило, имеет два режима работы и снабжен термостатом. Мощность калориферов, выпускаемых для теплиц, колеблется от 1,1–5 кВт.

*Преимущества*

Благодаря вентилятору, в теплице происходит непрерывная циркуляция воздуха, что значительно снижает риск развития грибковых заболеваний у выращиваемых культур. Чувствительный термостат позволяет отрегулировать необходимый для растений микроклимат с точностью до одного градуса. Также хотелось бы отметить возможность использования электрокалорифера в качестве вентилятора. После зимних морозов во второй половине весны для нормального развития растений достаточно солнечного тепла, которое поступает снаружи. Помимо тепла растению, во избежание грибковых заболеваний, крайне необходима хорошая циркуляция воздуха. Все электрокалориферы, произведенные под нужды теплиц, снабжены режимом вентилирования без нагревательных элементов. На некоторых

современных моделях заложено два режима скорости вентилятора. Доступная цена, простота эксплуатации и автоматический режим обогрева делают электрокалорифер довольно выгодным для использования в небольших домашних теплицах.

#### *Недостатки*

Если теплица небольшая, то один калорифер вполне справляется со своей задачей. С увеличением объема теплицы он не способен полноценно обеспечить нужный для растений микроклимат. Для нормальной циркуляции теплого воздуха его нужно периодически переносить на другое место или ставить еще один обогреватель. Увеличение числа обогревателей приводит к повышенному потреблению электроэнергии, что увеличивает общую стоимость выращенных овощей.

Ненадежность – к сожалению, не каждая модель калорифера выдерживает без ремонта сезон отопления теплицы. Вызов мастера повышает общие затраты на продукт.

Основной недостаток калорифера - невозможность прогрева самой почвы. Теплые круговые потоки, образуемые работой вентиляторов, не касаются земли и, соответственно, не греют почву и небольшую воздушную прослойку над ней. Холодная почва тормозит приживаемость и развитие любого вида растений.

Но из этой ситуации есть выход: для того, чтобы почва в теплице была теплей, саму теплицу необходимо углубить в землю - чем ниже уровень, тем выше температура почвы.

Также можно сделать прогрев почвы нагревательными проводами, но к ним мы вернемся чуть позже.

#### **Инфракрасные потолочные обогреватели**

Представьте себе, что в теплице у вас свое персональное солнце, и тогда поймете принцип работы инфракрасного обогревателя. Так же как и солнце, он сначала греет почву, а потом окружающий воздух. Технические характеристики и принцип работы этого прибора подробно описаны в наших статьях, поэтому просто перечислим его достоинства и недостатки.

#### *Преимущества*

Энергоэффективность - при малом потреблении электричества прогревают достаточно большой объём воздуха.

Простота установки - небольшие размеры и малый вес способствуют быстрой установке, не прибегая к помощи специалистов.

Высокая экологичность и безопасность — инфракрасные обогреватели создают естественное тепло, которое не сушит воздух, полное отсутствие вредных испарений и газов очень благоприятно сказывается на росте и развитии растений. Благодаря своему конструктивному исполнению, на инфракрасном обогревателе отсутствуют причины самовозгорания, что позволяет оставлять его без присмотра на продолжительное время.

Автоматизация — так же как и калорифер, снабжен термостатом, что повышает экономию электроэнергии и эффективность обогрева.

Надежность — качественные комплектующие и высокая технология

производства гарантирует безаварийный режим работы в течение нескольких лет.

### *Недостатки*

Высокая цена. Этот недостаток относителен, так как благодаря своей надежности и экономичности инфракрасные обогреватели через два года полностью окупаются и довольно долгое время работают в чистую прибыль, в отличие от остальных типов электрообогревателей.

Отсутствие вентиляции - циркуляции воздуха, возникающей при использовании инфракрасного обогревателя, не хватает для обеспечения нормальной вентиляции теплицы, поэтому желательно ставить вентилятор. Хорошая вентиляция и циркуляция воздуха важна для любой теплицы, независимо от типа электронагревательного прибора.

### **Электропрогрев почвы**

Для того чтобы скорее получить урожай и сэкономить на обогреве теплиц, достаточно рационально использовать систему электропрогрева почвы теплицы. Принцип его работы прост: нагревательные провода укладываются в грунт, и с помощью понижающего трансформатора по ним пропускается электрический ток.

На сегодняшний день продаются готовые комплекты нагревательных проводов с термостатом, которые работают от 220 вольт. КПД прогрева почвы очень высокий, что позволяет добиться урожая в кратчайшие сроки, приживаемость растений также очень высока. Эффективнее всего использовать прогрев почвы с другими видами обогрева.

### **Укладка нагревательных проводов**

Для примера рассмотрим укладку комплекта Green Vox Agro-400, хорошо зарекомендовавший себя при использовании в домашних теплицах. Расход электроэнергии такого провода в пределах 50–90 Вт на м<sup>2</sup>:

По всей обрабатываемой площади теплицы вынимается слой почвы в 25 см.

Дно полученной выемки должно быть ровным, на него укладываем защитную сетку.

Выдерживая расстояние в 15–20 см, укладываем провод по всей площади котлована. Необходимо обязательно закреплять нагревательный провод шпильками, идущими в комплекте, иначе при соприкосновении друг с другом провод сгорит.

Засыпаем нагревательный провод песком, слой которого не должен превышать 5 см.

Сверху на песке раскладываем защитную оцинкованную сетку, поверх которой набрасываем выкопанный грунт.

В соответствии со схемой, идущей в комплекте, подключаем провод к термостату, который, в свою очередь, подключен к автомату защиты на 220 В. Схема подключения проста и с ней легко справится человек, имеющий элементарные познания в физике и основах электротехники.

Во всех комплектах нагревательных проводов для теплиц заложена дополнительная оплетка, которая служит экранированием и в обязательном

порядке должна быть заземлена. Игнорирование этого условия может повлечь за собой несчастный случай вплоть до летального исхода.

Собрав все вышеописанные факты воедино, можно выбрать наиболее оптимальную систему отопления домашних теплиц. Критерии выбора оптимальной системы: расходы на электроэнергию и обслуживание, факторы, благоприятно влияющие на развитие растений, также учитывается время работы в чистую прибыль после самокупаемости. Подсчитав все это можно увидеть следующую картину. Максимально эффективная система — это потолочные инфракрасные обогреватели, далее с потерей эффективности идёт: электропрогрев грунта, электрокалориферы и трубчатые системы, работающие от котла с электрическим тэном.

В зависимости от региональных условий, имеет смысл использовать комбинированные системы отопления, электропрогрев грунта плюс калорифер или инфракрасный обогреватель.

Но получение тепла — это не самая важная задача, главное его сохранить и сделать так, чтобы необходимости в нем было как можно меньше.

#### **Советы по теплоизоляции теплицы**

1. Двойной слой пленки — воздушная прослойка между слоями уменьшит потери тепла на 25%.

2. Правильный выбор месторасположения теплицы — расположить теплицу так, чтобы южная сторона была полностью открыта для солнечных лучей. Северную сторону необходимо расположить под стенкой какого-то капитального строения.

3. Дополнительное утепление — ночью и во время сильных морозов утеплять наружные стенки теплицы матами или ветошью.

4. Прослойка компоста между землей и почвой теплицы — при устройстве теплицы желательно выложить слой компоста, а потом слой почвы теплицы. При попадании влаги компост выделяет тепло, которое препятствует теплообмену почвы теплицы и почвы земли.

5. Правильный подбор системы отопления — при выборе учитывать региональные параметры и необходимую для благоприятного развития растения, температуру.

6. Зимой для экономии электроэнергии в дневное время суток рационально использование зеркальных поверхностей для отражения солнечного света на северную сторону теплицы.

Важную роль в экономии энергии играют **своевременный ремонт светопрозрачного ограждения**, его очистка и промазка, тщательная регулировка механизма открывания форточек (зазоры в закрытом состоянии должны быть минимальными).

Нагревательные приборы, трубы отопления и воздуховоды должны быть в исправном состоянии и установлены в соответствие с проектом; приборы автоматического регулирования температуры следует настраивать на минимально возможный диапазон регулирования.

*Большое значение имеет разработка методов использования*

*нетрадиционных источников тепловой энергии* - солнечной, ветровой, геотермальной, вторичных энергоресурсов. Если это солнечная радиация, необходимо в первую очередь обеспечить ее аккумуляцию. Для этого сооружают теплицы с двухслойными панелями ограждения, по внутреннему пространству которых циркулирует специальный раствор.

**При использовании геотермальной теплоты** трудности в применении горячей воды и пара для обогрева культивационных сооружений не возникают лишь при слабой минерализации источника. Агрессивные примеси значительно сокращают срок службы теплообменной аппаратуры. В этом случае необходимо применять специальные разделительные теплообменники, исключающие попадание минерализованного теплоносителя в систему обогрева.

Для нужд овощеводства можно использовать *тепловые отходы промышленных предприятий и электростанций*. Особенно велики тепловые выбросы в атмосферу тепловых (ТЭЦ) и атомных (АЭС) электростанций. Главная причина, сдерживающая применение этого вида энергии, - низкая температура (20...25<sup>0</sup>С, на юге до 35 °С). Однако разработаны особые приемы и способы утилизации низкопотенциальной отбросной теплоты. Одним из предложенных тепличных решений было создание водяных экранов.

В Венгрии разработана конструкция теплицы арочного типа с двумя слоями пленки. Внутренний слой орошается теплой водой. Теплицу можно использовать как весеннюю, а водно-воздушный экран способствует резкому сокращению потерь теплоты.

*Вентилирование и охлаждение сооружений защищенного грунта.* Если в холодный период эксплуатации сооружений защищенного грунта их необходимо отапливать, то весной и летом вследствие высокой проницаемости для солнечной радиации в культивационных сооружениях нередко воздух перегревается. Повышенная и пониженная температуры воздуха опасны, так как резко снижают урожайность растений. Наличие системы снятия перегревов обязательно в сооружениях защищенного грунта всех типов.

В простейших каркасных и бескаркасных пленочных укрытиях нецелесообразно устанавливать сложные вентиляционные или охлаждающие системы, лучше предусматривать ручную вентиляцию путем частичного раскрытия пленочного ограждения. Однако такое решение оказалось неэффективным и практически неприемлемым из-за дефицита рабочей силы. Более практичен способ, предусматривающий применение перфорированных светопропускаемых материалов, хотя подобрать оптимальную площадь перфорации для конкретных климатических условий сложно. Тем не менее, этот технический прием дает возможность избежать резких колебаний температуры воздуха под укрытием без применения ручного труда.

В теплицах наиболее часто используют водоиспарительное охлаждение воздуха. Техническая реализация этого метода предусматривает либо систему распыления воды, либо увлажнения панелей. Существенного снижения температуры воздуха можно добиться, интенсифицируя при

помощи вентиляторов процесс транспирации воды растениями.

## **2. Световой режим. Электроподсвечивание растений**

Для нормального роста и развития растения необходим свет определенного спектрального состава, достаточной интенсивности на протяжении определенного времени. От этого зависит питание растений, их рост, развитие и урожайность.

В большинстве случаев для оценки интенсивности роста растений используют показатели интенсивности фотосинтеза, мерой которого является количество углекислого газа, поглощенного растениями в единицу времени на единице площади - г/час м<sup>2</sup>. Характеристикой света служит его *интенсивность*, измеряемая, в Вт/м<sup>2</sup>.

Характер кривой показывает, что темпы фотосинтеза возрастают при увеличении интенсивности света. Это особенно ярко проявляется при низких уровнях освещенности в зимний период (до 200 Вт/м<sup>2</sup>). В этом случае двукратное увеличение светового потока приводит к аналогичному увеличению темпов фотосинтеза.

В начале развития растений, когда площадь листьев небольшая, повышение темпа фотосинтеза происходит при более низких уровнях освещенности, чем при развитом листовом покрове взрослых растений. Поэтому на общем слабом световом фоне даже незначительное дополнительное освещение - досвечивание рассады - дает ощутимый эффект.

В летнее время при высоком общем световом фоне его небольшое снижение не оказывает значительного влияния на интенсивность фотосинтеза. В то же время небольшое снижение светового уровня, особенно в красной части спектра, позволяет снизить перегрев растений, сбалансировать тепловой и водный режимы и тем самым не просто сохранить исходный, но и получить более высокий уровень интенсивности фотосинтеза. В связи с этим в летнее время целесообразно применение специальных экранов.

Спектральный состав света также очень важен для растений. Ультрафиолетовые лучи (длина волн – 380-400 нм) благоприятны для рассады и нежелательны в период активной вегетации и плодоношения. Оранжево-красные лучи (595-750 нм) способствуют интенсивному накоплению биомассы и раннему цветению. При преобладании в спектре сине-фиолетовых лучей (400-490 нм) активизируются процессы плодоношения. Желто-зеленые лучи наименее поглощаются растениями, под их влиянием увеличивается расход энергии на дыхание. Наименее благоприятна для растений инфракрасная радиация (750 нм), вызывающая перегрев и иссушение растений.

Листья растений в солнечную погоду значительно теплее окружающего воздуха и поэтому они излучают тепло вследствие разности температур. Таким образом, отводится около 20% поглощенной энергии, а остальные 50 % используются для транспирации, поскольку для этого требуется очень много тепла.

В различных географических широтах условия естественного

освещения различны. Летом день на юге короче, на севере длиннее. Солнце на юге высоко стоит над горизонтом, поэтому воздействует на растения иначе, чем на севере.

Астрономическая продолжительность дня зависит от географической широты и времени года. На юге она колеблется от 10 до 14 ч, а в средней полосе летом достигает 16-17 ч, зимой уменьшается до 6-7 ч. Однако продолжительность дня, используемая растением для накопления органических веществ в процессе фотосинтеза, значительно меньше астрономической. Летом она составляет 14 ч, а зимой не более 3 ч в сутки. Понятие "солнечный день" зимой и летом неоднозначные: зимой поступает 200-240 дж/см<sup>2</sup> в сутки, летом - 2000 дж/см<sup>2</sup> и более.

Помимо продолжительности периода суток, на интенсивность естественного освещения растений влияют облачность, дожди, загрязнение воздуха дымом и пылью. Даже при ясной погоде часть солнечной радиации перехватывается атмосферой. При облачной погоде много солнечных лучей отражается в пространство или поглощается облаками. Даже малая облачность ослабляет лучистый поток в 2-4 раза, а дождевые облака - в 5-8 раз и более.

*Повышенная температура в культивационных сооружениях при недостатке света ускоряет дыхание растений.*

Большинство тепличных растений, в зависимости от своих физиологических особенностей, растут и плодоносят при освещенности 8-12 тыс. люксов. Такой мощности поток наблюдается в конце февраля и в сентябре. Зимой освещенность на поверхности Земли в полдень на открытом месте достигает около 4-5 тыс. люксов, что примерно в 15 раз меньше освещенности в эти же часы летом. Еще меньше лучистой энергии поступает на Землю в утренние и послеполуденные часы. Освещенность культивационных сооружений в это время совсем низкая. Вследствие отражения и поглощения света стеклом она уменьшается примерно на половину по сравнению с освещенностью на открытом месте, так как около 10% падающего света отражается стеклом, 10% поглощается конструкцией теплиц. При 30% потере света вследствие загрязнения кровли теплиц общие потери составляют 50%. Если на почву поступает 20% света, то на долю растения остается все-

Наиболее важной для жизни растений является видимая часть оптического излучения (380-710 нм), которая воспринимается человеческим глазом как свет. Ее часто называют *фотосинтетически активной радиацией (ФАР)*, поскольку многие физиологические процессы не могут проходить без видимого излучения света,

Различают прямую и рассеянную солнечную радиацию. Интенсивность ее зависит от высоты стояния солнца, чистоты атмосферы. Сумму энергии прямой и рассеянной солнечной радиации называют суммарной радиацией. Соотношение прямой и рассеянной радиации зависит от времени года и географической широты местности. Осенью и зимой преобладает рассеянная радиация.

Приход радиации в декабре-январе определяет возможность начала культуры огурца и томата, и характер использования теплиц. В связи с этим вся территория бывшего СССР по приходу суммарной солнечной радиации на открытую горизонтальную поверхность и фотосинтетически активной радиации в теплицах за декабрь-январь (кДж/см<sup>2</sup>) разделена **на 8 световых зон**, которые обозначены цифрами от 0 (Крайний Север) до 7 (по Ващенко).

*Условия освещенности растений в сооружениях защищенного грунта зависят от многих факторов, в частности от выбора участка, размещения сооружений, угла наклона кровли, качества стекла, его загрязнения, размещения растений в теплицах и т. п.* Загрязнение стекла может снизить освещенность на 50 % и более. *Против загрязнения* применяют предупредительные меры. Грязь устраняют мойкой кровли специальными моющими средствами. Принято считать, что увеличение освещенности теплиц на 1 % приводит к повышению урожая овощных культур на 1 %.

Немаловажное значение для проникновения лучистой энергии в теплицы имеет угол наклона кровли. Конструкция теплиц должна быть рассчитана на наиболее темный период и рассеянное излучение. Угол наклона кровли 25-30° обеспечивает наилучшую освещенность в течение года. Увеличение угла наклона кровли более 30° нежелательно. При этом образуется тень, и, кроме того, для таких теплиц требуется больше строительного материала и они обходятся дороже. Кровля теплиц должна быть «ажурной» и не притенять растений.

Большое значение для освещенности теплиц имеет качество стекла и пленки. Обычное оконное стекло пропускает преимущественно длинноволновое излучение - красное и желтое, но значительно больше задерживает ультрафиолетовое излучение. Полиэтиленовая и поливинилхлоридная пленка по светопрозрачности имеет преимущество перед стеклом только по пропусканию ультрафиолетового излучения.

**Требовательность к свету тепличных культур** различна. Она может изменяться у одной и той же культуры в зависимости от способа выращивания (посев семян, рассадный способ или способы, основанные на использовании органов запаса пластических материалов, - выгонка, доращивание и др.

По требовательности к условиям освещения наблюдаются различия и среди сортов.

От интенсивности освещения зависят сроки плодоношения и нарастания урожая. Весной и летом растения растут быстрее, чем зимой. Плоды огурца весной достигают товарного размера в течение 7-8 дней после опыления, зимой - 25-30 дней. Сильная освещенность способствует увеличению содержания аскорбиновой кислоты, снижению количества нитратов в плодах.

Наряду с интенсивностью освещения на рост и формирование урожая сильно влияет продолжительность дневного освещения. *Различают растения длинного и короткого дня.* Растения короткого дня (огурец, хризантема) при искусственном уменьшении продолжительности дневного

освещения до 10-12 часов в сутки ускоряют образование генеративных органов. Растения длинного дня (салат, редис, укроп, капуста) ускоряют развитие и формирование генеративных органов по мере возрастания продолжительности дневного освещения. Томат слабо реагирует на изменение продолжительности дневного освещения.

*Электродосвечивание.* Слабая интенсивность естественного освещения в осенне-зимний период не позволяет эффективно выращивать в теплицах овощные и цветочные растения без дополнительного досвечивания.

*Различают 2 способа применения электрического света* при выращивании растений - в качестве дополнительного к существующему (электродосвечивание) и в качестве единственного источника света (электросветокультура). Каждый из этих способов может быть применен при выращивании рассады или взрослых растений.

*Наиболее экономически эффективным* является досвечивание (меньшие затраты электроэнергии) и особенно досвечивание рассады, поскольку в этом случае процесс продолжается короткий период (25-40 дней) и облучению подвергается большее количество растений (25-100), размещенных на 1 м<sup>2</sup> площади.

**Электродосвечивание** рассады позволяет ускорить получение продукции на 20-25 дней и повысить урожай на 20-25 %. Окупаемость дополнительных затрат на электрооборудование составляет 1-2 года. Затраты электроэнергии в 3-ей световой зоне на растение огурца составляют примерно 5 кВт/ч, на одно растение томата - 8 кВт/ч.

Для этих целей используют специальные тепличные облучатели состоящие из ламп и пускорегулирующей аппаратуры; люминофор у этой лампы термостойкий, превращающий часть длинноволнового ультрафиолетового излучения в оранжево-красное.

При использовании тепличных светильников растения не затеняются, нет необходимости в постоянном монтаже и демонтаже, не нужно помещение для складирования ламп; теплицу после производства рассады используют для выращивания овощных культур, но оборудование для досвечивания не препятствует при этом применению механизации производственных процессов.

Применение этих облучателей позволило перейти на новую технологию выращивания рассады в теплицах; Компактность, удобная подвеска, влаго непроницаемость, термостойкость колбы определяют их положительные технологические качества и эффективность.

Таким образом в современном тепличном растениеводстве широко используются различные типы ламп и светильников для светокультуры растений. Установочная мощность светильников для получения уровня определенной освещенности растений носит экономический характер.

Анализ современных тенденций развития отрасли защищенного грунта свидетельствует о том, что в настоящее время облучательная (осветительная) техника играет существенную роль в эффективности производства рассады, особенно в светокультуре растений.

Тенденция роста тарифов на электроносители и другие затраты на производство сельскохозяйственной продукции, показывает необходимость приобретения наиболее эффективных и энергоэкономичных ламп и светильников. На ближайшие годы ими являются лампы РЕФЛАКС, хорошо себя зарекомендовавшие как при выращивании рассады, так и светокультуры овощей, зеленных культур и цветов.

Отличный вариант тепличного освещения – применение современных **светодиодных светильников**. Специалисты уверяют, что эти лампы соединили в себе все достоинства натриевых и люминесцентных осветительных приборов.

Светодиодные светильники для теплиц имеют массу достоинств: оптимальный спектральный световой состав: синие и красные лучи; отсутствие опасных веществ и, как следствие, необходимости специальной утилизации; низкое потребление электроэнергии; работа при невысоком напряжении; выделение малого количества теплоты; долгий срок эксплуатации – более десяти лет; высокая устойчивость к механическому воздействию. Светодиоды можно подвешивать на любой высоте, даже прямо над растением: они не нагреваются и не причинят вреда. Световой поток направлен равномерно на всю поверхность, значит, необходимую порцию света получит каждый обитатель теплицы.

### **3. Режим влажности субстрата и воздуха. Воздушно-газовый режим.**

*Функции воды в растении различны:* она участвует в процессе синтеза как первичный строительный материал; является растворителем минеральных солей и растворимых продуктов метаболизма, регулятором давления в клетках, регулятором температуры растения посредством перемещения воды.

Необходимо различать потребление, или количество воды, поглощаемое растением, и его требовательность к водному режиму грунта, т. е. способность извлекать из грунта воды и большой требовательностью. Арбуз и дыня потребляют много воды, но мало требовательны к водному режиму почвы, благодаря развитой корневой системе. Лук, наоборот, потребляет очень мало воды, но предъявляет очень высокие требования к водному режиму. Виды и сорта овощных культур с богатой мочковатой или глубоко уходящей в почву корневой системой менее требовательны, чем культуры, имеющие слабую корневую систему.

Отношение различных культур к водному режиму определяется не только строением органов, потребляющих воду, но и органов, расходующих ее, что относится прежде всего к листьям. Культуры с крупными цельнокрайными неопушенными листьями (капустные) расходуют на единицу выработанного ими сухого вещества больше воды, чем растения с сильно рассеченными листьями (томат).

Требовательность к воде меняется в течение вегетационного периода. Все овощные растения предъявляют высокие требования в периоды прорастания семян и налива плодов или образования продуктивных органов.

Водный режим растения определяется интенсивностью поглощения и транспирации воды и факторами среды, действующими на данные процессы. Поглощение растением воды из грунта зависит не только от влажности последнего, но и от влагоемкости и структуры, концентрации почвенного раствора, газового состава, особенно содержания кислорода, и от температуры грунта. Необходимо обеспечить не только наличие в нем воды, но и ее поступление в растение, оптимальное водопоглощение корнями. Условия роста и жизнедеятельности корней имеют важное значение в процессе подачи воды в растение.

В почве или малообъемном субстрате должны быть постоянно оптимальные условия для роста корней, т. е. *доступность воздуха и воды*. Нельзя допускать повышение концентрации почвенного раствора выше допустимого предела.

Транспирация пропорциональна дефициту насыщения водяными парами воздуха, а не его относительной влажности, как это часто ошибочно понимают, подчеркивает проф. Н. А. Максимов.

Для расчета дефицита насыщения воздуха водяными парами надо знать относительную влажность (ОВВ) и температуру воздуха.

На транспирацию влияет солнечная радиация, вызывая изменения как дефицита насыщения водяными парами, так и температуры листа, а также работы устьичного аппарата.

При капельном орошении вода подается непосредственно в зону корневой системы растения без смачивания всего объема грунта, как это происходит при дождевании, когда в течение нескольких минут расходуется вся норма полива и колебания между влажностью до и после увлажнения грунта достигают 30-40 % НВ.

При капельном орошении вода подаётся в течение продолжительного периода, причем почти одновременно с ее потреблением, без периодов переувлажнения. Капельный способ уменьшает амплитуду колебания влажности до 15-20 % НВ. Это позволяет поддерживать значительно более высокую точность заданного уровня, чем при дождевании, обеспечивать лучшее управление влажностью почвы и дает возможность автоматизировать полив. При капельном поливе в грунте чередуются зоны с разным содержанием воды и воздуха, корни всегда хорошо обеспечены кислородом. Важным преимуществом данного способа является отсутствие увлажнения растений и поверхности почвы, в результате чего уменьшается поражение грибными заболеваниями.

**При капельном поливе показатели водного, воздушного и пищевого режимов растений близки к оптимальным, поступление элементов минерального питания лучше поддается управлению.** Данный способ применяется в новых установках малообъемного выращивания овощных растений - в торфяной культуре, на минеральной вате и других искусственных субстратах. С помощью капельного орошения, кроме повышения урожайности, достигается значительная экономия воды и удобрений (на 20-30 % в сравнении с дождеванием). Недостатки способа -

более высокие затраты при эксплуатации и высокие требования к качеству поливной воды, предупреждающие засорение водовыпускных отверстий.

Существует большое разнообразие систем капельного орошения с большим диапазоном рабочих органов, которые различаются по принципу увлажнения, способу регулирования расхода воды, возможности очистки и т. д. Преобладают следующие типы водовыпускных органов: микротрубки, микропористые трубки и различные виды капельниц.

#### *Воздушно-газовый режим*

Воздушная среда обитания растения и ее газовый состав определяют во многом рост и развитие растений. Но это не ограничивается одной фотосинтетической деятельностью листовой поверхности растения. Важное значение имеет газообмен с внешней средой как надземных частей растения, так и корневой системы; кроме углекислого газа, большую роль играют кислород и водяной пар. Скорость движения воздуха является одним из важных факторов тепличной среды наряду с температурой и ОВВ; значение его раньше недооценивали, но в последнее время ему стали уделять все большее внимание. Усиление скорости ветра увеличивает интенсивность фотосинтеза.

Количество водяных паров в воздухе зависит от температуры последнего. Чем теплее воздух, тем больше водяного пара он может содержать в единице объема. Воздействовать на количество водяного пара в воздухе можно через транспирацию растения, тем же путем, как и на ОВВ.

В теплицах в связи с интенсивной фотосинтетической деятельностью растений в солнечные дни концентрация  $\text{CO}_2$ , может падать ниже естественного содержания ее в воздухе: от 0,03 до 0,01 % и даже еще ниже.

Исключением являются культивационные сооружения на биологическом обогреве (весь период их эксплуатации) и теплицы, отопляемые путем прямого сжигания газа (в течение отопительного сезона). При культуре растений на соломенных тюках последние являются источником  $\text{CO}_2$  и подкормки углекислотой в этом случае не требуются.

В естественных условиях концентрация углекислого газа в воздухе находится на уровне 300-400 ррт. При ее повышении до 700-800 ррт интенсивность фотосинтеза у различных культур возрастает до определенного предела, после чего повышение концентрации  $\text{CO}_2$  уже не способствует ускорению фотосинтеза. При высоком уровне потребления  $\text{CO}_2$ , для фотосинтеза целесообразно обеспечить подпитку воздуха его дополнительным притоком. Если содержание углекислоты в воздухе достигает 800-900 ррт, поры листьев закрываются, снижается уровень транспирации, что может привести к перегреву растений и снижению интенсивности фотосинтеза. При концентрации углекислоты на уровне 2000 ррт появляются ожоги растений, и ее содержание должно быть уменьшено (проветривание).

Особое значение имеет подкормка  $\text{CO}_2$  в гидропонных теплицах, поскольку здесь, как правило, почвогрунт заменяется минеральными и другими субстратами, не выделяющими углекислоту.

Сравнительное изучение фотосинтеза и транспирации тепличного огурца показало, что ОВВ играет также значительную роль в ассимиляции  $\text{CO}_2$ .

В связи с повышенным потреблением углекислого газа тепличными культурами восполнение его недостатка проводится путем искусственного обогащения воздуха теплиц. Подкормка  $\text{CO}_2$  тепличных культур включена в комплекс агротехнических мероприятий и является одним из решающих звеньев технологии промышленного тепличного овощеводства.

Современные тепличные хозяйства имеют более перспективный источник  $\text{CO}_2$  - отходящие газы котельных (ОГК), использующих в качестве топлива природный газ, не содержащий серу или другие вредные примеси.

Обычно необходимая концентрация  $\text{CO}_2$  в теплице достигается через час после начала подачи газа. В связи с этим подкормку  $\text{CO}_2$  начинают за час до восхода и прекращают за час до захода солнца. При использовании более дорогостоящего источника углекислоты растения подкармливают в утренние и послеобеденные часы.

При использовании ОГК (отходящих газов котельной) необходимо вести контроль за наличием вредных газов. При правильной регулировке горелок котла в теплице упомянутые выше пределы концентрации не нарушаются.

При сжигании природного газа непосредственно в теплице для горения потребляется кислород воздуха. Это может уменьшить необходимое для растений содержание в воздухе кислорода, который наряду с  $\text{CO}_2$  имеет большое значение для оптимальной жизнедеятельности растения: недостаток кислорода ухудшает условия дыхания и фотосинтеза растений.

#### **4. Применение системы зашторивания**

*Система зашторивания* является одной из важных составляющей современной теплицы, влияющей на микроклимат и обеспечивающей ее экономичность. С помощью зашторивания можно регулировать освещенность, температуру, влажность, а также значительно экономить тепло.

Система зашторивания предназначена для избегания перегревов воздуха внутри теплицы в периоды с избыточной солнечной радиацией путём затенения, а также для снижения потерь тепла в теплице в холодные периоды года, создания более равномерного и благоприятного для растений температурного поля. Обеспечивает экономию тепловой энергии до 40% за счет уменьшения теплопередачи через кровлю теплицы. Материал экрана чаще всего представляет собой ткань из полиэстера с вплетенными полосками из алюминиевой фольги. Материал рассчитан на длительную эксплуатацию, позволяет без повреждений многократно сдвигать и раздвигать экран, при этом сдвинутый экран имеет минимальные размеры, что дает минимум затенения. Существует *несколько типов узкоспециализированных экранов*.

- Энергосберегающий. Экран дает максимальное удержание тепла при минимальной потере света. Используется в теплицах, расположенных в

холодном климате. Среди преимуществ энергосберегающего экрана экономия финансовых затрат и сокращение вредного воздействия отопления на окружающую среду;

- Затеняющий. Алюминиевые полосы в ткани экрана обеспечивают требуемый уровень отражения солнечных лучей. При этом горячий воздух проходит снизу сквозь ткань. Применяется в жарком климате, для усиления эффекта используется комбинация из нескольких экранов;

- Комбинированный энергосберегающий и затеняющий. При ярком солнце экран отражает избыточное тепло. При похолодании экран удерживает тепло, снижает риск конденсации влаги на растениях, экономит энергию. Комбинированный экран чаще всего используется в современных теплицах;

- Затемняющий. Используется при выращивании растений, нуждающихся в дополнительных периодах покоя. Двухслойная структура экрана может давать более 99,9% затемнения, бывают разновидности с алюминиевым или белым верхним слоем для отражения солнечных лучей и белым внутренним слоем;

- Световозвращающий. Используется для удержания искусственного света внутри тепличного пространства, что увеличивает эффект от работы ассимиляционного освещения и ограждает окружающую среду от постороннего света. Специальная огнезащитная структура ткани позволяет влаге и теплу пройти, но задерживает свет.

*Преимущества применения шторного экрана:*

- развернутый внутри теплицы экран снижает теплопотери на 43-75 % (в зависимости от типа ткани) и, как следствие, достигается экономия тепловой энергии более, чем на 20 %,

- шторный экран дает возможность затемнения в диапазоне от 15 % до 85 % и даже создание «искусственной ночи»,

- шторный экран дает возможность контроля влажности в объеме теплицы, в ночное время шторы обеспечат сохранение температуры, предотвращая тем самым образование конденсата на растениях.

*Экраны бывают* горизонтальными (верхними) и вертикальными (боковыми). Горизонтальное зашторивание, располагаемое сверху теплицы, под кровлей, стало стандартным атрибутом современной теплицы. Вертикальное зашторивание, закрывающее боковое остекление теплицы, встречается пока реже.

## **5. Автоматизация системы управления микроклиматом в промышленных теплицах**

Современные технологии выращивания овощей, рассады, цветов и зеленных культур требуют постоянного поддержания определенных режимов микроклимата в теплицах. Автоматизация систем управления микроклиматом в защищенном грунте позволяет экономить 15 % - 25 % тепла при росте урожайности, улучшения условий труда персонала и повышении общей культуры производства.

Современная зимняя теплица как объект управления температурно-

влажностным режимом характеризуется неудовлетворительной динамикой и нестабильностью параметров, вытекающими из особенностей технологии производства.

Управление микроклиматом промышленных теплиц – это управление тепловым и электрическим оборудованием мощностью в несколько мегаватт на каждый гектар площади теплиц. Соответствующие эксплуатационные расходы составляют наиболее значимую долю в себестоимости выращиваемой продукции. Поэтому, проблема эффективного использования и расходования энергоресурсов – одна из важнейших в тепличном производстве.

Наряду с задачей управления потребляющим энергию тепличным оборудованием, важное значение имеет задача управления оборудованием, производящим тепло, электричество, углекислый газ. Это – котельные, электрические подстанции, тепло- и электрогенераторы, когенераторы, тригенераторы различных типов.

Рассмотрим, какие основные задачи решаются при комплексном управлении теплицами, котельными и оборудованием электроснабжения.

#### *Показатели использования энергоресурсов*

Организации, производящие оборудование для управления процессами в тепличном производстве, постоянно и, как правило, успешно решают задачи повышения эффективности работы оборудования, добиваются снижения энергозатрат. Однако, учитывая, что главное предназначение теплиц – это производство сельскохозяйственной продукции, то и меры по развитию тепличного строительства и внедрение новых технологий и нового оборудования должно преследовать цели повышения урожайности и качества выращиваемой в теплицах продукции. Некоторые из внедряемых технологических систем достаточно энергоёмки, например, системы электрического досвечивания. Но их применение не только резко повышает урожайность теплицы, но и позволяет осуществлять выпуск этой продукции в зимнее время года, когда её стоимость максимальна. Поэтому при выработке мер и оценке эффективности использования энергоресурсов в качестве показателя может быть использован комплексный критерий, как функция от стоимости полученной продукции, необходимых энергозатрат и величине капитальных вложений.

#### *Степень автоматизации процессов управления*

Повышение уровня или степени автоматизации производства – это повышение качества и объективности процессов управления, повышение урожайности и качества продукции, снижение удельных эксплуатационных затрат. Однако, повышение степени автоматизации процессов управления влечёт за собой повышение сложности и, соответственно, стоимости самой системы управления. Например, добиться поддержания требуемой температуры воздуха в теплице можно включением или выключением контура обогрева, открытием или закрытием клапана обогрева или форточки. Для этого достаточно одного автоматического регулятора с одним датчиком температуры воздуха. Если же мы хотим качественного поддержания

требуемой температуры воздуха в теплице, то необходимо контролировать и учитывать множество внутренних и внешних возмущений, что требует применения дополнительных датчиков контроля температуры теплоносителей, метеодатчиков, соответствующих преобразователей и оптимальных регуляторов, что, естественно, приводит к усложнению и удорожанию систем управления. Применительно к тепличным комплексам, где теплицы рассматриваются вместе с оборудованием, производящим энергию, требования к системам управления удваиваются.

*Координированное управление оборудованием производства и потребления энергии*

В автоматических системах управления микроклиматом теплиц все вычисления по параметрам и режимам функционирования технологического оборудования возлагаются на контроллер управления микроклиматом. Оператор выполняет лишь функции наблюдателя.

Агрономам предоставляется набор рекомендованных заданий, настроек режимов и параметров работы всех технологических систем для различных климатических сезонов. Оператор по команде агронома может легко выбрать необходимый режим, при необходимости, внести в него поправки по работе того или иного оборудования и сохранить весь комплекс настроек и уставок для повторного применения в будущем. Агроном своё основное внимание уделяет климату и растениям. Автоматика осуществляет такую работу всего технологического оборудования, которая обеспечивает поддержание заданных параметров микроклимата.