

# ВОДНЫЙ БАЛАНС РАСТЕНИЯ. СОЗДАНИЕ СТАБИЛЬНОГО БАЛАНСА МЕЖДУ ПОЛИВОМ И ИСПАРЕНИЕМ. ПОДДЕРЖАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В КОРНЕВОЙ ЗОНЕ.



**Прыткова Любовь Петровна**  
Консультант компании ГроуТэк

**Бородин Илья**  
Директор Российского филиала Hoogendoorn

**Аржан Новбахари**  
Руководитель проекта по России и СНГ

ООО «ГроуТэк» – компания, известная на российском рынке продукции и услуг для защищенного грунта как надежный поставщик кокосового субстрата BIOGROW и минеральной ваты Belagro. С 2019 года ООО «ГроуТэк» поставляет тепличным комбинатам водорастворимые минеральные удобрения ведущих отечественных и зарубежных производителей. Кроме того, ООО «ГроуТэк» предоставляет покупателям консультационные услуги по всем вопросам питания и ведения овощных культур, а также агрохимическое сопровождение. С текущего года компания ГроуТэк запускает партнерскую программу сотрудничества с крупнейшими европейскими компаниями агропромышленного сектора с целью просвещения российских агрономов в вопросах современных тенденций выращивания, а также ознакомления с новинками технологических и агрономических исследований, которые уже используются на передовых европейских комбинатах.

Hoogendoorn Growth Management – компания обеспечивающая комплексные решения автоматизации для оптимального производства и высокого качества выращивания. Эксперт по эффективному использованию воды, питательных веществ и энергии. С 2006 года компания участвует в программе исследований New Generation Growing (новое поколение выращивания) в сотрудничестве с университетом Wageningen University and Research (WUR). Именно это исследование привело нас к новым взглядам на водный

баланс растений, усовершенствовало подход к климатическим системам и системе контроля полива. Программное обеспечение Hoogendoorn iSii поддерживает эти новые, продвинутые стратегии, которые описаны ниже, соответствует нуждам растений с точки зрения полива, питания, оптимизации условий корневой зоны, а также специфических характеристик мата. При помощи программы можно получить прямую информацию о том, что происходит в мате и о функционировании поливной системы в целом.

Вашему вниманию будет представлена серия публикаций, с указанием представителей компаний и контактных данных, что даст вам возможность задать интересующие вас вопросы.



## Введение

Все процессы роста, происходящие в растении, в основном определяются тремя балансами: баланс энергии, водный баланс и баланс ассимилятов. Эти балансы связаны между собой посредством устьиц, микроскопических пор листа, которые пропускают пары и поглощают  $CO_2$ .

Независимо от условий, растение стремится сохранить эти три баланса в норме. Если испарение очень большое в условиях очень солнечных условий, доступность воды внутри растения снижается, устьица начинают закрываться, чтобы сократить испарение



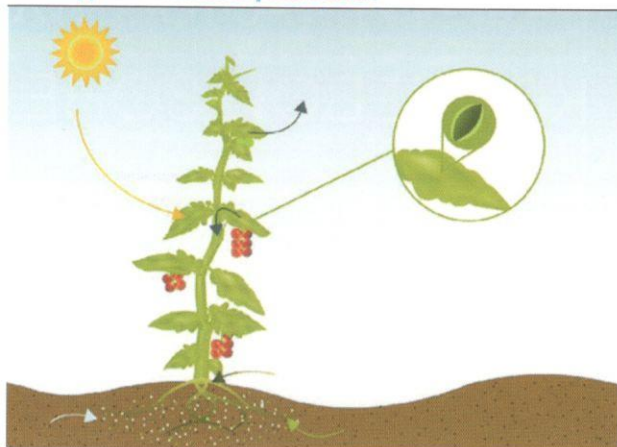
и предотвратить обезвоживание. Следовательно, повышается температура листа. Кроме того, при закрытии устьица нарушается поглощение  $\text{CO}_2$  и, следовательно, замедляется процесс фотосинтеза, что негативно влияет на баланс ассимилятов.

Поэтому, при изменении одного фактора, например ФАР, требуется пересматривать и другие факторы, такие как температура, поглощение  $\text{CO}_2$ ,

относительная влажность (RH) и подача воды, объем которой требуется для поддержания темпов роста на требуемом уровне.

Здесь мы описываем основные направления стратегии полива, фокусируясь на нуждах растения с точки зрения доступности воды и питательных элементов, чтобы поддерживать корневую систему в оптимальных условиях.

## Водный баланс растения



Водный баланс – это баланс между поглощением воды и испарением. Если испарение превышает поглощение, снижается тургор растения (упругость, создаваемая внутренней водой). Чтобы решить проблему краткосрочно, растение забирает воду из листьев и плодов. Результат – листья немного скручиваются. Это нормально, проблем не будет. Если водный баланс восстановить, листья и плоды опять оживут. Но если в течение длительного времени нет возможности поддерживать поглощение воды корнями из-за большого испарения, устьица закрываются, чтобы снизить испарение и уберечь растение от усыхания. Это затормаживает поглощение  $\text{CO}_2$  и замедляет фотосинтез ценой силы роста.

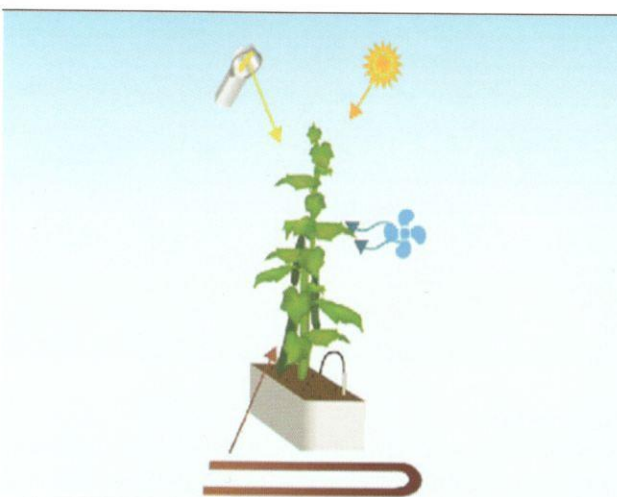
*Важно сохранить хороший баланс между испарением и поглощением воды, чтобы растение могло раскрыть устьица и брать  $\text{CO}_2$ .*

## Движущая сила испарения

Часто считается, что уровень испарения в основном определяется состоянием воздуха в теплице, особенно дефицитом влажности (HD), что измеряется в  $\text{г/м}^3$ . Но это недопонимание. Испарением движет энергия.

Поскольку на испарение воды уходит много энергии, примерно 2,5 мега джоуля на кг, то уровень испарения пропорционально равен входящей энергии и больше

ничему. Растения получают энергию из окружающей среды различными способами. Первое – радиация от солнца и ламп. Это называется коротковолновая радиация. Второе – длинноволновая тепловая радиация, также от солнца и ламп, а также отопительных труб. Третье – конвекция воздуха. Движение конвекционного тепла происходит при двух условиях: температура листа должна быть ниже, чем температура воздуха, а также при наличии движения воздуха.



Это требование связывает уровень испарения и дефицит влажности в воздухе. Разница температуры листа и воздуха в теплице зависит от этого дефицита, так как он связан с так называемой температурой влажного датчика. Если дефицит влажности низкий, то температура влажного датчика практически равна температуре сухого датчика и движение конвективной энергии очень ограничено. Результат – отсутствие или совсем не большое испарение. Важно поддержать дефицит влажности, особенно ночью, так как нет входящей радиации, провоцирующей испарение.

Следует также отметить, что очень важно защищать растения от теплоотдачи в сторону холодной крыши теплицы ночью. Эта теплоотдача – означает потерю энергии растением и, следовательно, сокращение испарения ценой поглощения питательных элементов. Поэтому, закрытие энергосберегающих экранов ночью – эффективное средство стимуляции активности и здоровья растения.

*Растения получают энергию из различных источников: коротковолновая и длинноволновая радиация, а также конвекционное движение воздуха.*

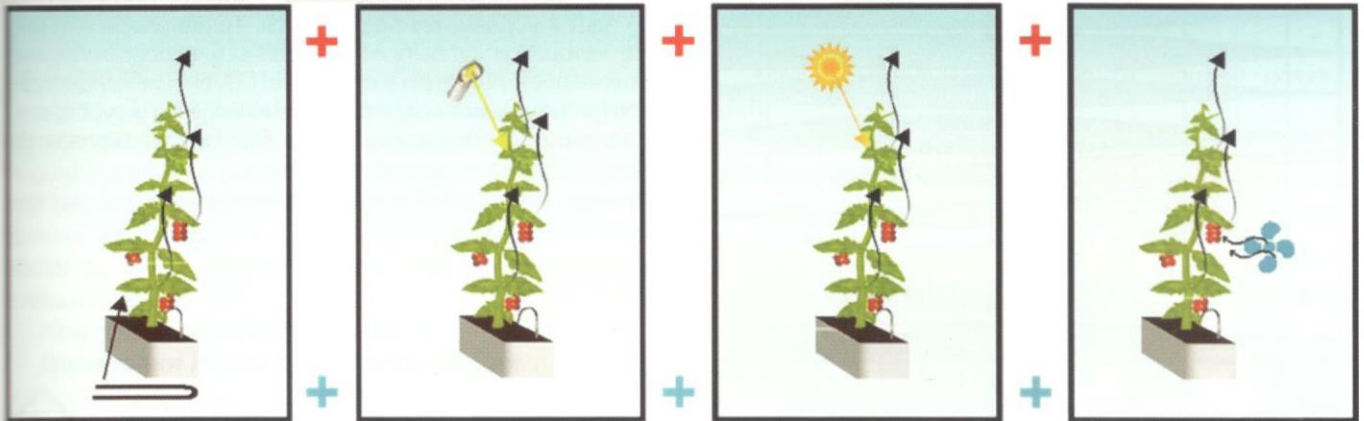
## Как настроить полив по испарению?

Для точной подстройки полива к нуждам растения, необходимо прибавить различные источники энергии к общему энергетическому потоку испарения, которое выражается в  $\text{Вт/м}^2$ . В программном

обеспечении Hoogendoorn iSii, в разделе контроль полива, этот поток можно рассчитать и получить в итоге энергетическую сумму в джоулях/ $\text{см}^2$ . Каждый раз, как достигается определенная сумма, запускается следующий цикл полива. Этот подход можно сравнить с обычной стратегией полива, основанной на солнечной радиации, но с внесением нескольких важных улучшений:



- Энергия берется не только от солнца, но также и от ламп, отопительных труб и движения воздуха.
- общая сумма рассчитывается на основании ситуации внутри, а не снаружи, поэтому стоит принимать во внимание затеняющие экраны и/или забелку



Также можно использовать различные сенсоры для отслеживания, что реально происходит в мате и получать обратную связь от системы контроля.

Один из датчиков – система взвешивания мата, дающая информацию о содержании воды в мате ежеминутно. Система взвешивания также включает в себя замер объема дренажа, значения ЕС и pH. *Пример системы взвешивания; Hoogendoorn Aquabalance.*

### Управление питанием и водой в корневой зоне

Для оптимизации и поддержания баланса воды требуется очень хорошая система субстрата. Основные принципы указаны ниже и разделены на четыре пункта:

1. Что нужно достигнуть?
2. Что поможет оптимизировать функцию?
3. Как лучше всего достичь контроля?
4. Установка базовых целевых значений для разных стадий развития растений и климата

### Функция системы субстрата

#### Содержание воды

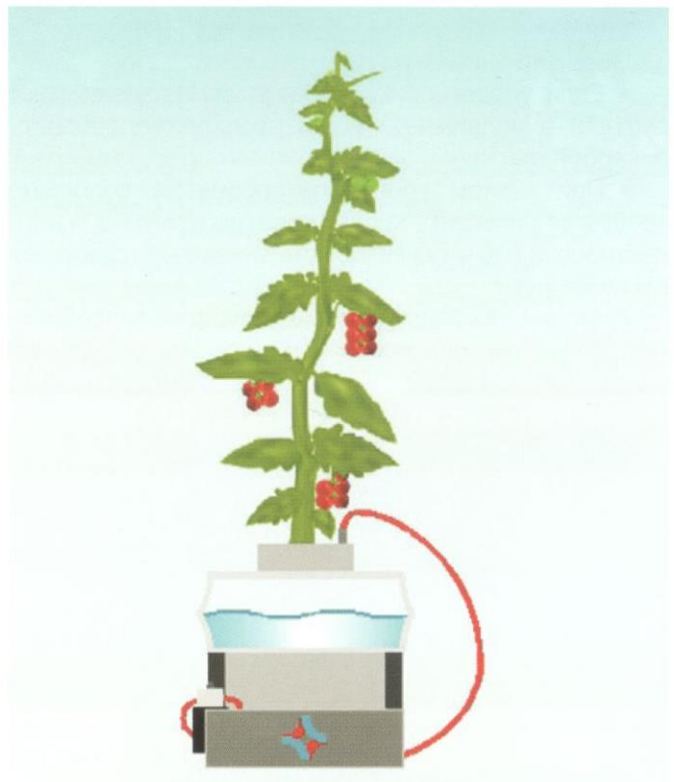
Содержание воды в субстрате обеспечивает резервуар воды, который требуется растению для испарения. Контроль содержания воды – инструмент для поддержания и контроля потребления питания и баланса растения. Для каждого периода роста растения требуются свои целевые значения, которые помогут менять цели по испарению. Целевой диапазон содержания воды для большинства культур варьируется от 45 % до 70 %.

#### ЕС; Электропроводность

Распределение питательных веществ по субстрату важно для распределения корней по мату. Полная доступность питания в корневой зоне – жизненно важно для оптимального качества и урожайности. Также используется ЕС для контроля поглощения питания и баланса растения.

Целевые значения для каждого периода жизни растения разные, именно они помогают реагировать на изменяющиеся потребности и поддерживать баланс воды.

При длительных периодах с низкой освещенностью лучше подавать меньше воды, так как растение менее активно. Это позволяет мату быстрее реагировать



и подсыхать, чтобы в мат попадало больше кислорода, это будет генеративным действием

при большом объеме света и большом испарении, лучше давать больше воды, чтобы обеспечить возможность поддержания водного баланса.

При длительных периодах с низкой освещенностью лучше подавать более высокое ЕС, что бы перевести растения в генеративную сторону;

При высокой радиации и большом испарении, лучше подавать более низкое ЕС, чтобы помочь компенсировать испарение.

#### pH; кислотность

На доступность питательных элементов для растения также можно влиять через pH питательного раствора. Поэтому необходимо корректировать pH вокруг корней.



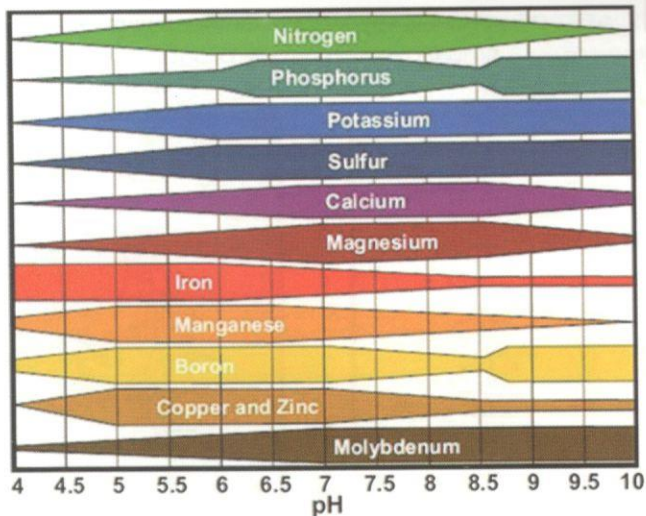


Рисунок показывает поглощение различных элементов при разных уровнях pH.

Обратите внимание:

- Если уровень бикарбонатов очень низкий (нет буфера) в подаваемой воде, необходимо добавить бикарбонаты
  - При низком уровне бикарбонатов, возможно требуется разбавить кислоту, используемую для корректировки pH, чтобы избежать внезапного снижения pH ниже 5.0;
- Аммоний, особенно при низком уровне бикарбонатов, может вызвать внезапное снижение pH. Всегда

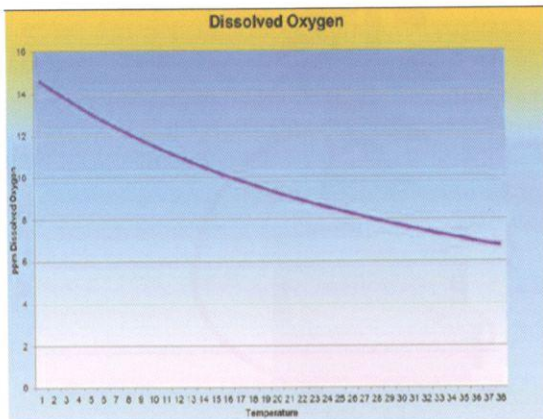
Для большинства растений оптимальное pH между 5.5 и 6.5, это целевое значение. pH в мате может меняться от выборочного поглощения элементов растениями. Когда аммоний (NH) транспортируется к корням, pH падает. Когда нитрат (NO<sub>3</sub>) идет к корням, pH поднимается. То же самое и с NH<sub>4</sub> и NO<sub>3</sub>, которые могут быть использованы микроорганизмами, что также повлияет на pH в субстрате. Изменение концентрации NH<sub>4</sub> и NO<sub>3</sub> может повлиять на изменение pH в субстрате. Важно, чтобы pH подаваемой воды был скорректирован до требуемого pH на поливной установке.

Например: для хорошего поглощения кальция, pH должен быть выше pH 5.5 – 6.

проверяйте pH в подаваемой воде в емкости для ее хранения, в поливочной установке и в капельницах. Если уровень pH ниже 5.0, это навредит корням. Помните, что растение получает воду из капельниц, именно там она должна быть корректной.

### O<sub>2</sub> содержание кислорода

Всем частям растения нужен кислород: листьям, стволам и корням. В мате корням требуется кислород для дыхания клеток. Когда корням достаточно кислорода, корневая система функционирует оптимально.



Кислород также используется микроорганизмами, грибами и бактериями. В минвате бактерий очень много сразу после ее наливки. При возникновении условий, когда уровень кислорода низкий, микроорганизмы начинают соперничать с корнями за доступный кислород.

Подача кислорода жизненно необходима для здоровья корней. Когда на нижнем слое мата 85 % содержания воды, убедитесь, что воздух попадет в воду и к корням

При высоких температурах (выше 25C), в воде может растворяться меньше кислорода, и корни, в более сырых частях мата будут страдать из-за слишком низкого уровня кислорода.

На схеме показано, что содержание кислорода сокращается при увеличении температуры в мате.

### Температура

Не всегда возможно измерить или контролировать температуру в корневой зоне. Важно, чтобы температура корней была между 18C и 25C. С повышением температуры в корневой зоне, доступность кислорода в поливной воде сокращается.

При температуре корней выше 25 C, особенно если корни слабые, в сочетании с борьбой корней между собой, может привести к их гибели. Это первый шаг к вторичной инфекции корневыми патогенами, например Питиум.

### Структура субстрата (фото 2)

То, что окружает корни, очень важно, также, как окружающая среда вокруг самого растения. Корни должны иметь возможность адаптироваться к меняющимся окружающим условиям в теплице (свет, влажность и т.д.)



Фото 2



и требованиям по испарению. Для этого необходимо очень тщательно разрабатывать структуру субстрата.

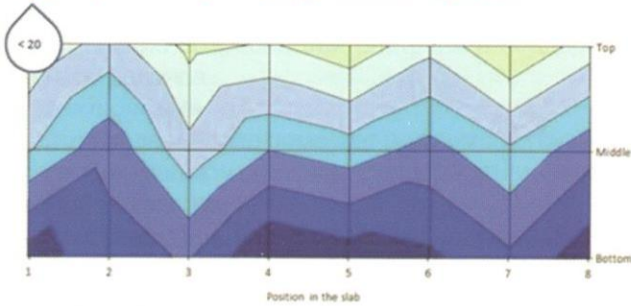
## Объем субстрата

Корням требуется определенный объем для роста и развития. Мы рекомендуем объем субстрата между 7 и 9 литров на м<sup>2</sup> в условиях теплицы (минвата).

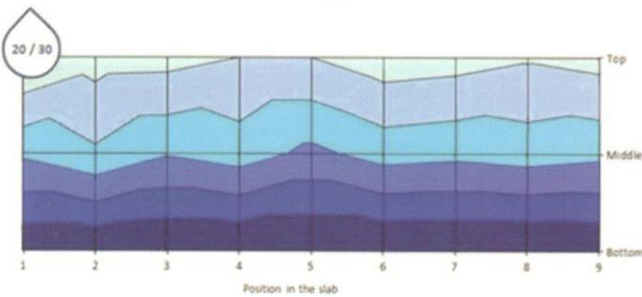
Цель – дать каждой корневой системе и капельнице одинаковый объем, чтобы сократить возможность подачи разных объемов и усилить контроль за корневой зоной, чтобы растение могло спокойно испарять. Важно, чтобы объем субстрата соответствовал мощности вашей системы полива, вашим капельницам и вашим целям.

## Контроль системы субстрата

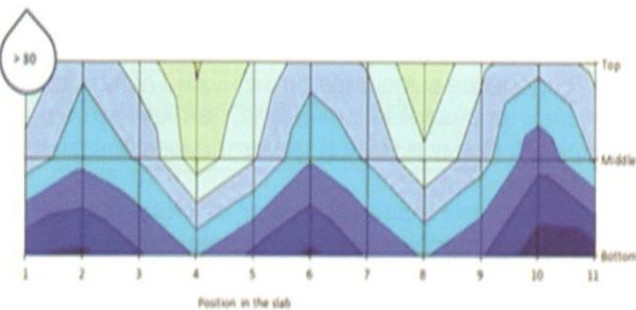
### Дозировки и распределение корней



Слишком маленькие дозы – плохая промывка и накопление питательных элементов



Оптимальная доза – баланс ЕС и воды = хорошее распределение корней



Слишком большая доза = проблемы с водой и ЕС = плохое распределение корней

## Важно:

- Свести количество корней на дне мата к минимуму
- Избежать соревнования корней за питание и кислород;
- Максимально использовать общий объем мата;
- Добиваться ровной усушки и контроля содержания воды и ЕС для баланса растения;
- Максимально эффективно использовать воду и удобрения.



Правильная доза зависит от объема мата и капельницы. Размер дозы влияет на частоту. Чем меньше доза, тем чаще полив.

Положение корней в мате будет определено условиями, созданными в разных частях мата. Объем и частота поливов влияет на распределение воды и питательных элементов. Доза должна соотноситься с объемом субстрата и объемом капельницы. Чрезвычайно важно, чтобы корни могли брать воду и питательные вещества именно тогда, когда им это потребуется.

Оптимальную дозу можно рассчитать на калькуляторе дозировки, либо вручную, как это показано ниже.

Фактор размера дозировки	<15	20	25	30	>35
Оценка		мало	оптимально	много	



# ТЕХНОЛОГИИ

Пример, как можно рассчитать размер дозы, основываясь на объеме субстрата.

Мат с объемом = 100 x 15 x 7.5 см = 11.25 литр

Объем трех кубиков = 3 x (10 x 10 x 6.5 см) = 3 x 0.65 литра = 1.95 литра

Итого объем минваты = 13.2 литра

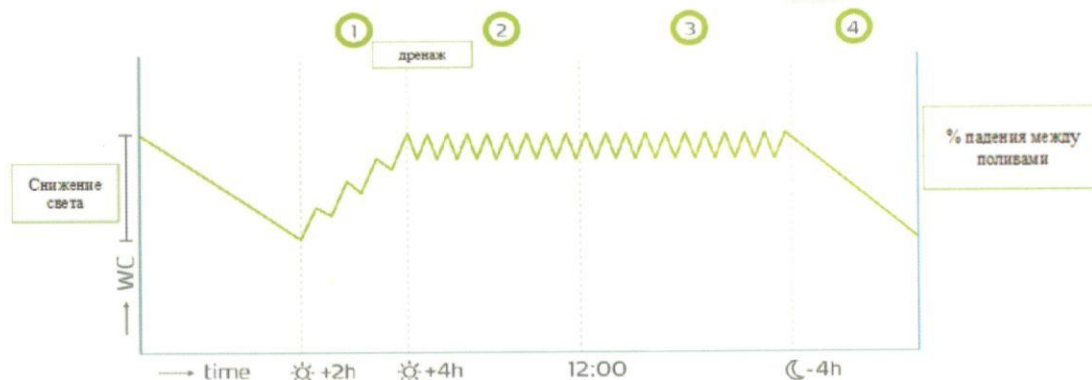
Размер дозы:

3 капельницы / мат = 13.2 / 3 = 4.4 литра / капельницу

• размер дозы = 25 x 4.4 = 110 сс

Общий объем субстрата (кубик и мат) на капельницу умноженное на DSF (фактор размера дозы).

Чем больше объем субстрата на капельницу, тем больше размер дозы.



В течение дня нужно использовать разные дозировки в зависимости от целей по периодам

Период 1	Цель	Цель Наполнить мат после ночного снижение объема воды в нем и достигнуть дренажа в конце периода В конце периода – маленькие дозы по рассчитанному диапазону.
Период 2	Цель	Поддерживать содержание воды и уровень ЕС согласно цели для достижения водного баланса растения – средняя доза по рассчитанному диапазону
Период 3	Цель	Поддерживать содержание воды и уровень ЕС согласно цели для достижения водного баланса растения, особенно при большой освещенности и низкой влажности – Увеличенная доза по рассчитанному диапазон
Период 4	Цель	Снизить содержание воды до целевого уровня посредством баланса.

## Дренаж матов

• Для осуществления хорошего контроля дренажа, важны следующие аспекты:

• Сделайте дренажные прорези с обоих концов мата, в самой низкой точке.

• Сделайте дополнительные прорези, точно между кубиками. Это создает «конус» или дренажную схему для каждой капельницы, что сокращает отклонения по ЕС и делает более эффективным промывку и полив.

• На подвесных желобах это можно сделать с обеих сторон мата, чтобы обеспечить равномерный дренаж, даже если желоба висят не очень ровно.

• Убедитесь, что дренажные прорези широкие и расположены именно на дне мата, чтобы корни не заплетали и не мешали движению дренажной воды (3–4 см).

• Перед посадкой, дренируйте маты 24 часа.

• В процессе выращивания не нужно делать дополнительные дренажные отверстия, так как это меняет дренажную схему в мате и может привести к отмиранию корней.

## Цели полива в зависимости от сезона (фото 4)

Четкая установка целевых уровней для каждого критического периода в течение цикла жизни растения, поможет подготовить субстрат и поддержать водный баланс. Когда поглощение воды увеличивается, требуется большой буфер запаса, это достигается контролем содержания воды. Когда поглощение воды снижается, буфер должен быть меньше, чтобы субстрат успевал реагировать и поддерживал уровни кислорода.

Установка целевых значений является грубым ориентиром для агронома по ведению культуры в течение



оборота. В таблице обозначены примерные цели – по содержанию воды в мате днем/ночью, по ЕС, по усушке, по ожидаемому и желаемому состоянию растений В/Г (т. е. вегетативное-генеративное). В таблице, конечно, не принимается во внимание специфика — сорт, субстрат, регион, техническая оснастка. И цифры основаны на минвате.

Каждый агроном сам ставит себе цель (но ставить ее должен обязательно) и выбирает способ выращивания.

Очень важно контролировать целевые уровни и замерять достигнутое, чтобы понимать, что происходит в мате и достигать оптимальный водный баланс. Посмотрите пример в таблице.

Целевые уровни должны быть определены для каждого периода, чтобы помогать реагировать на изменение потребностей растения и поддержания водного баланса

### Заключение

Это исследование помогает получить дополнительную информацию о том, как поддержать и сохранить водный баланс растения.

Комбинируя эту информацию с современными приборами контроля, можно достичь хорошего баланса между испарением и доступностью воды в мате.

Особое внимание требуется к корневой зоне. Сопоставляя нужды растения с характеристиками мата, можно вырастить сильные, высокопродуктивные растения без напрасных трат воды и питательных элементов.



Сезонная динамика после посадки томата

	Стадия развития	Цель В/Г	Содержание воды в кубике	Содержание воды в мате/день	Снижение содержания воды/полив	Снижение содержания воды / ночь	ЕС корней	Дельта ЕС
1	От посадки до завязи	В/Г	60 %	-	30 %	--	5-8	<3.0
2	От посадки после завязи	Г	60 %	-	20 %	--	<5	<2.0
3	От посадки до формирования корней	В	60 %	85 %	<5 %	2 % 5 %	3.5	<1.0
4	Когда корни вросли в мат	Г	50 %	45-60 %	1-3 %	2 % 5 %	5-7	<2.0
5	Подготовка к сбору	Н/В	-	65-70 %	1-2 %	2 % 5 %	<5	<2.0
6	Сбалансированное производство	Н	-	65-70 %	1-2 %	5 % 12 %	4-5	<2.0
7	Снижение длины дня	Н/Г	-	50 %	2-4 %	10 % 20 %	5-7	<2.0
8	Прищипка голов	В	-	40 %	1 %	5 % 10 %	5-6	<1.5

Заблаговременный контроль вместо действий по корректировке обеспечит стабильный водный баланс, что в свою очередь, обеспечит здоровые, выносливые растения, а значит оптимизирует производство и качество. Опираясь на многолетний опыт европейских технологий для защищенного грунта и учитывая практику применения кокосовых субстратов на российских предприятиях, компания GrowTech предлагает тепличным комбинатам только проверенную продукцию и гарантирует технологическое сопровождение при эксплуатации субстратов GROWTECH.

E-mail: [an@hoogendoorn.nl](mailto:an@hoogendoorn.nl)  
 E-mail: [t.o.reutova@mail.ru](mailto:t.o.reutova@mail.ru)  
 Тел.: +7 909 264-02-60  
 E-mail: [ilyaborodin@mail.ru](mailto:ilyaborodin@mail.ru)

