

УДК 635.01:631.589.2

# Управление влажностью и ЕС субстрата при выращивании растений по малообъемной технологии

**Анди Ли**

Подробно рассмотрены факторы, которые необходимо учитывать при разработке стратегии поливов и настройке управляющего климат-компьютера. На примере полива взрослых растений в весенне-летний период показано, как с помощью измерительных приборов, таких как измеритель влажности «Гродан» WCM, и созданных климат-компьютером графиков принять правильные агротехнические решения и избежать ошибок.

## Прибор для измерения ЕС/Т °С/RH в субстратах WCM-Control (GRODAN)

С помощью прибора WCM измеряют абсолютную влажность (RH), электропроводность (ЕС) и температуру минераловатного субстрата. Сенсоры датчика размещают в субстрате на расстоянии около 10 см от кубика с растением в направлении стока дренажа. Они регистрируют среднее значение влажности (WC) и ЕС по всей высоте субстрата. Информация, которую агрономы получают, используя WCM, неоценима для точной настройки контролирующего оборудования, обеспечивающего выполнение программы поливов.

нения корнеобитаемой среды в течение суток можно выделить 3 фазы в соответствии с прямой реакцией растений на полив (рис. 1).

**Фаза 1** начинается с первого полива и длится до появления первого дренажа. Начало транспирации растений можно отследить по изменению угла наклона линии влажности субстрата, это происходит с восходом солнца. Фаза характеризуется постепенным увеличением содержания влаги в субстрате. В этот период ЕС возрастает, поскольку соли, оседающие из раствора в ночное время, повторно растворяются.

**Фаза 2** характеризуется стабильной влажностью субстрата и

снижением в нем ЕС, так как появляется дренаж. В этот период приход солнечной радиации обычно достигает пика.

**Фаза 3** начинается с последнего полива и продолжается до первого полива следующего дня; характеризуется снижением влажности субстрата и увеличением ЕС.

Посредством управления временем начала и окончания поливов, объемом питательного раствора на один полив и частотой поливов агроном имеет возможность корректировать уровень влажности субстрата и ЕС в течение суток в соответствии с периодом развития культуры и самого растения (табл.1).

**Таблица 1. Влияние поливного режима на развитие растений**

| Поливной режим           | Влияние на развитие растения |              |
|--------------------------|------------------------------|--------------|
|                          | генеративное                 | вегетативное |
| Время начала             | позже                        | раньше       |
| Время окончания          | раньше                       | позже        |
| Продолжительность полива | больше                       | меньше       |
| Частота поливов          | ниже                         | выше         |

## Динамика влажности субстрата и ЕС в течение суток

Прежде чем углубиться в детали настройки программы полива, необходимо описать ключевые особенности графика, который воспроизводит WCM. По состоянию увлаж-



## Настройка программы поливов

Для простоты понимания возьмем стратегию полива, типичную для развития культуры в весенне-летнем обороте. В 6-фазной модели «Гродан» это фазы 4 и 5, когда корневая система растений находится в стабильных условиях по уровню влажности и ЕС, которые при постоянном контроле способствуют однородному приросту культуры, максимальной реализации потенциала продуктивности и высокому качеству плодов в летний период.

## Время начала полива

Золотое правило гласит: сначала транспирация, затем ирригация. Оно помогает добиться высокого качества плодов: избежать их неравномерной окраски, радиаль-

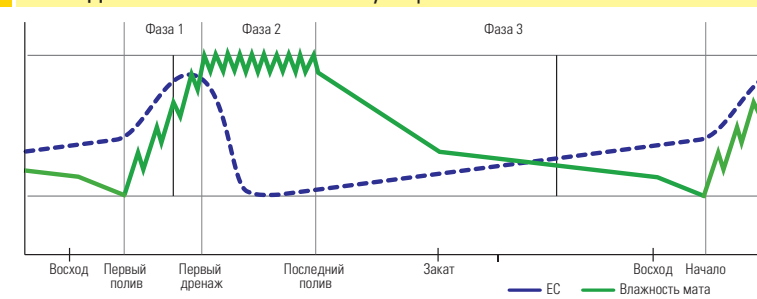
**Таблица 2. Время начала поливов в зависимости от восхода солнца**

| Первый полив после восхода солнца | Время начала поливов в зависимости от восхода солнца и увеличения активности растений |
|-----------------------------------|---|
| Через 1 ч или раньше              | рано  |
| 1-2 ч                             | стандарт  |
| 2-4 ч                             | поздно  |

ного и концентрического растрескивания. Полив следует начинать через 1-2 ч после восхода солнца (табл. 2).

Использование установки «время после восхода солнца» для начала первого полива является нормальным, если погодные условия стабильны изо дня в день. Однако при изменчивой погоде, особенно

**Рис. 1. Динамика влажности и ЕС субстрата**



**Таблица 3. Оптимизация времени начала поливов по транспирации растений с учетом изменений погоды в весенне-летний период**

| Показатель                         | Период |       |       |
|------------------------------------|--------|-------|-------|
|                                    | 1      | 2     | 3     |
| Время начала поливов               | 07:00  | 08:30 | 10:30 |
| Начальная доза, мл/м <sup>2</sup>  | 320    | 320   |       |
| Минимальный перерыв, мин           | 30     | 30    |       |
| Максимальный перерыв, мин          |        | 40    |       |
| Сумма радиации, Дж/см <sup>2</sup> |        | 80    | 80    |

весной, указанное время начала полива может быть слишком поздним, если день ясный, либо слишком ранним — в пасмурный день, что может привести к неустойчивой влажности и ЕС в субстрате (см. рис. 2 а, б). На графике синей линией показана влажность субстрата, красной — ЕС и зеленой — приход солнечной радиации за 6 дней. Время начала полива было зафиксировано в 8:30 утра, приблизительно через 2 ч после восхода солнца. Можно видеть (рис. 2а), что в течение трех дней с низким уровнем радиации уровень ЕС в субстрате остается стабильным — приблизительно 3,3 мСм/см. Однако в последние три дня с высоким уровнем радиации уровень ЕС поднялся до 4,0 мСм/см, в то время как первый дренаж появился слишком поздно (рис. 2б). Если программа полива, в первую очередь время начала полива, не отрегулированы для солнечных дней, то в конечном результате ЕС в мате будет повышаться, что с большой степенью вероятности может привести к появлению вершинной гнили плодов и в итоге скажется на доходах производителя.

Из примера ясно, что установленное время начала полива — 8:30 утра — должно быть оптимизировано в зависимости от погоды. Это делают с помощью климат-компьютера. Как именно — покажем на примере настроек компьютера Priva Integro, наиболее популярного в теплицах всего мира. Однако алгоритм и принцип введения установок подойдет и для любого другого климат-компьютера. Priva Integro позволяет выделить 6 различных периодов поливного режима в течение суток. В тепличной практике не всегда требуется использование всех 6 периодов, но мы рассмотрим именно такой, наиболее полный вариант.

**Период 1.** Основан на реальных примерах, показанных на графиках 2а и 2б. Как видно из графика, полив можно начинать через 1 ч после восхода солнца (табл. 3), но только в том случае, если день солнечный. Разовая поливная норма при на-

коплении солнечной радиации 80 Дж/см<sup>2</sup> составляет 320 мл/м<sup>2</sup>. Минимальный перерыв установлен в 30 мин, так как интенсивность света в солнечные дни увеличивается быстро и к тому же мы, например, не хотим давать слишком много воды в этот период. На практике эта установка означает, что если даже 80 Дж/см<sup>2</sup> радиации накопится за 25 мин, следующий полив не начнется, пока не истекнут эти полчаса. В этот период нет максимального перерыва по времени. При установке максимального перерыва — 7 ч — компьютер не даст команду начинать полив. В пасмурный день такая установка избавит от потенциальных проблем с качеством плодов (неравномерная окраска, радиальное растрескивание и др.).

**Период 2.** Мы выбрали время 08:30 для начала этого периода по графикам (рис. 2). Это правильное время для более темного дня. Был установлен максимальный пере-

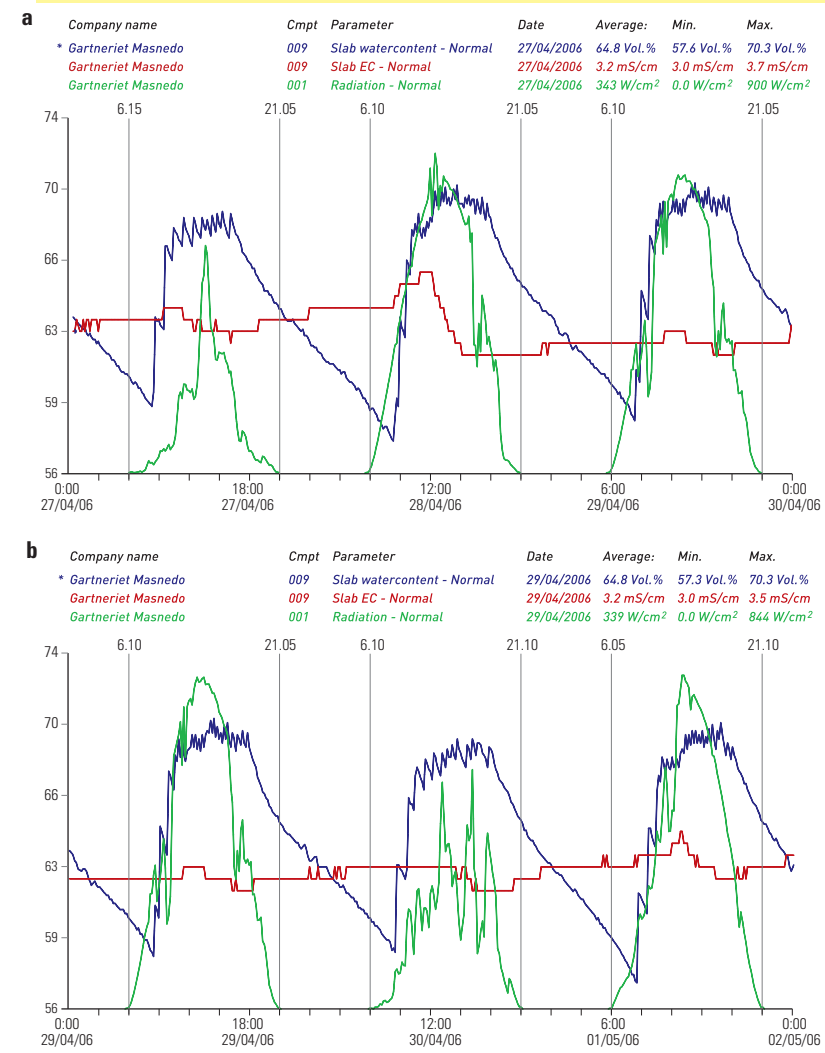
рыв, чтобы компьютер запускал поливы в 8:30 и начинал очередной полив через каждые 40 мин, даже если суммарная солнечная радиация не позволяла начинать полив. В этот период на каждые 80 Дж/см<sup>2</sup> световой энергии приходился объем поливного питательного раствора 320 мл/м<sup>2</sup> (4,0 мл/Дж). Предположим, что в теплице объем субстрата 8,0 л/м<sup>2</sup> (табл. 4), тогда мы в течение ночи снижаем влажность субстрата на 10% (рис. 2), что эквивалентно 800 мл/м<sup>2</sup> потери содержания влаги из-за поглощения воды растением. В этом же примере, если предположить, что к 10:30 ч накопленная радиация равна 400 Дж/см<sup>2</sup>, что возможно в солнечный день (проверьте это на вашем компьютере), с поглощением воды на одно только испарение расходуется 2,0 мл/Дж. Это означает, что нужно дополнительно подать с поливом 800 мл/м<sup>2</sup> (400 Дж/см<sup>2</sup> x 2,0 мл/Дж). Таким образом, чтобы вернуть влажность субстрата на тот же дневной уровень, потребуется 800 мл воды, с учетом потерь за ночь и дополнительно 800 мл/м<sup>2</sup> на увеличение транспирации к 10:30 ч (то есть 1,6 л/м<sup>2</sup> к 400 Дж/см<sup>2</sup>, что равно 4,0 мл/Дж). Максимальный перерыв (40 мин) в этот период исключит возможность подачи большого количества воды в пасмурный день.

### Время первого дренажа

Мы можем также установить время, когда хотим получить первый дренаж. Обычно это происходит через 2-3 ч после первого полива (табл. 5).

**Период 3.** Дренаж необходим, чтобы стабилизировать и обновить ЕС в субстрате в соответствии с требованиями ее дневного уровня. Это очень важно весной и летом, когда приход солнечной радиации достигает 400 Дж/см<sup>2</sup>, или 600 Вт/м<sup>2</sup> (табл. 6). В результате у нас есть время (период 3), которое совпадает с ожиданием первого дренажа. С этого времени очень важно, что-

Рис. 2. Изменение влажности, ЕС субстрата и солнечной радиации в течение трех суток на даты: а — 27-30.04, б — 29.04-02.05



эмпирическое правило при подаче питательного раствора: 3,0 мл/Дж; 2,0 мл на транспирацию и 1,0 мл на дренаж, при этом предполагается 30% выхода дренажа за сутки. Именно поэтому на каждые 70 Дж/см<sup>2</sup> поступающей энергии мы подаем 210 мл/м<sup>2</sup> раствора. Однако при низкой влажности наружного воздуха в сочетании с высокой температурой это значение может быть выше (3,5-4,0 мл/Дж). Но если в этот период используется затемняющий экран или система туманообразования, то значение может быть и ниже. Следует помнить, что приемы, которые вы выбираете, чтобы контролировать микроклимат не должны способствовать снижению транспирации. Они должны помогать растению адаптироваться к новым условиям. Поглощение воды все еще должно быть не меньше 2 мл/Дж.

В целом объем раствора на один полив в данное время суток должен быть меньше, но поливы должны происходить чаще, чем утром. Это препятствует «ложному дренажу» (выражение, которое используют для описания ситуации когда влажность субстрата падает, а ЕС поднимается в результате большого количества дренажа за цикл). На графике 4 изображен пример из практики.

**Период 4.** Он начинается в 15:30 ч, к этому времени ЕС должна быть стабильной и питание в субстрате обновлено. С понижением прихода солнечной радиации сумму полученной энергии увеличили

Таблица 4. Расчет объема субстрата на растение и единицу площади

| Размер мата                            | 100 x 20 x 7,5 см | Объем субстрата = 15,0 л                     |
|--|-------------------|--|
| Число растений/мат                     | 4,0               | Объем субстрата на растение = 3,75 л         |
| Плотность посадки, раст/м <sup>2</sup> | 2,2               | Объем субстрата на 1 м <sup>2</sup> = 8,25 л |

Таблица 5. Время первого дренажа в зависимости от времени первого полива

| Интервал между первым поливом и первым дренажом, ч | Время начала дренажа в зависимости от восхода солнца и увеличения транспирации |
|--|--|
| 1-2  | рано   |
| 2-3  | стандарт   |
| 3-4  | поздно   |

Таблица 6. Время первого дренажа, стабильность уровня влажности и ЕС после полудня

| Показатель                                | Период |      |       |       |
|---|--------|------|-------|-------|
|   | 1      | 2    | 3     | 4     |
| Начало поливов, ч                         | 7:00   | 8:30 | 10:30 | 15:30 |
| Начальная норма полива, мл/м <sup>2</sup> | 320    | 320  | 210   | 210   |
| Минимальный перерыв, мин                  | 30     | 30   | 20 *  | 20 *  |
| Максимальный перерыв, мин                 | ---    | 40   | 50 *  | 50 *  |
| Суммарная радиация, Дж/см <sup>2</sup>    | 80     | 80   | 70    | 70    |

\* Это время следует сократить, используя 50% влияния радиации в диапазоне 600-900 Вт/м<sup>2</sup>, так, чтобы при высокой радиации проводить по 6 поливов в час, то есть использовать минимальное время перерыва между поливами. Максимальный объем воды, который можно применить летом в солнечные дни, не ограничивается.

бы ЕС оставалось под контролем, когда приход солнечной радиации самый высокий и стабильный.

### Что произойдет, если дренаж появится слишком поздно?

Если дренаж в солнечный день появится слишком поздно, в этой фазе развития растений ЕС будет повышаться. На графике 3 показан соответствующий пример компьютерной информации. Хотя первый полив начался в 8:00 ч (через 2 ч после восхода солнца), ЕС не снижалась до 12:00 ч. В результате ЕС значительно увеличивается в течение суток. Чтобы исправить эту

ситуацию, агроному следует по утрам поливать большими дозами.

Судя по графику, агроном при принятии решений слишком полагался на устройство, измеряющее объем дренажа. Дренаж появляется в 9:30 ч (синий квадрат) и агроном, вероятно, полагает, что стратегия утреннего полива правильна, но он не обращал внимания на кривую изменения ЕС. Помните: если все работает правильно, время дренажа и изменение ЕС в субстрате должны происходить синхронно.

После появления дренажа в 10:30 ч, дальнейшая задача состоит в том, чтобы поливать в соответствии с испарением. Основное

Рис. 3. ЕС в субстрате в солнечные дни, когда дренаж появился слишком поздно



**Таблица 7. Время окончания суточного цикла поливов в зависимости от времени захода солнца**

| Время последнего полива, ч до заката | Оценка выбора времени |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 2:0-4:0                              | рано                  |
| 1:0-2:0                              | стандарт              |
| 0:0-1:0                              | поздно                |

до 95 Дж/см<sup>2</sup>, используя тот же объем воды, но и сохраняя тот же объем дренажа в течение суток, чтобы он не был слишком высоким (табл. 6). Помните: этот альтернативный инструмент вы можете использовать только в случае крайней необходимости.

**Таблица 8. Оптимизация времени окончания поливов в зависимости от транспирации растений с учетом изменчивости погодных условий весной и летом**

| Показатель                                | Период |      |       |       |       |                       |
|---|--------|------|-------|-------|-------|-----------------------|
|   | 1      | 2    | 3     | 4     | 5     | 6                     |
| Время начала поливов, ч                   | 7:00   | 8:30 | 10:30 | 15:30 | 17:30 | 21:00                 |
| Начальная норма полива, мл/м <sup>2</sup> | 320    | 320  | 210   | 210   | 210   | 10                    |
| Минимальный перерыв, мин                  | 30     | 30   | 20    | 20    | 20    | 24 ч 0 мин            |
| Максимальный перерыв, мин                 | ---    | 40   | 50    | 50    | ---   | 24 ч 0 мин            |
| Сумма радиации, Дж/см <sup>2</sup>        | 80     | 80   | 70    | 85    | 85    | ---                   |
| Приход солнечной радиации                 |        |      |       |       |       | 200 Вт/м <sup>2</sup> |

**Время завершения поливов**

Поливы следует завершать за 1-2 ч до захода солнца (табл. 7). Используя исключительно «время до захода солнца», чтобы завершить дневной график поливов правильно, если погодные условия остаются

стабильными изо дня в день. Однако с изменчивой погодой, особенно весной, это может оказаться и слишком рано в солнечный день и, возможно, приведет к ухудшению состояния корневой системы растений. Климат-компьютер (рис. 4) позволяет оптимизировать время окончания полива, используя установки в периоде 5 и 6 (табл. 8).

**Период 5.** Начало в 17:30 ч. В компьютерных установках мы снова изменили максимальное время перерыва и установили параметры так, чтобы начинать полив при достижении двух условий: приход солнечной радиации должен быть 200 Вт/м<sup>2</sup>, накопленная радиация с момента последнего полива для того, чтобы начать следующий полив, — 75 Дж/см<sup>2</sup>. Это поможет избежать слишком позднего полива днем. Результат применения такой стратегии можно видеть на графике 5. Приход солнечной радиации очень переменчив в течение каждого из трех дней, но с установкой времени окончания поливов, в зависимости от активности растений, снижение влажности субстрата в течение ночи остается постоянным. Это помогает поддерживать в балансе вегетативный рост и генеративное развитие растений, от этого зависит однородность плодов по массе и активное состояние корневой системы.

**Период 6.** Начинается в 21:00 ч. Максимальное и минимальное время перерыва было установле-

но на 24 ч. На практике это означает, что полива не будет до периода 1 или 2 следующего дня. Помните: ночной полив это исключение, а отнюдь не норма. Ночной цикл следует давать только с учетом активности растений, это, как правило, совпадает с длительным использованием системы охлаждения «rad and fan» (вентилируемые водяные матрасы) или системы испарительного охлаждения, которые могут снизить температуру в теплице ночью.

**Закключение**

Цель данной статьи — продемонстрировать оптимальное управление влажностью корнеобитаемой среды в течение суток при выращивании растений по технологии малообъемной гидропоники, для чего предложена 6-фазная модель системы поливов «Гродан». Существует много способов, чтобы

настроить климат-компьютер на оптимальный режим. Независимо от того, какой подход вы выбираете, постройте модельные графики (влажности, ЕС, прихода солнечной радиации) в климат-компьютере. Это даст необходимую информацию, на основе которой вы сможете принять правильное решение. Сосредоточьтесь на одном или двух днях, чтобы детализировать процесс, и на 7 или 10 днях, чтобы определить направление. Ищите ключевые механизмы в процессе, это необходимо для принятия правильного решения, если потребуются изменения.

**Основные положения**

- ♦ Транспирация, затем ирригация.
- ♦ Дренаж к моменту накопления энергии 400 Дж/см<sup>2</sup>, или 600 Вт/м<sup>2</sup>.
- ♦ Первый дневной дренаж в соответствии с обновлением ЕС в субстрате.

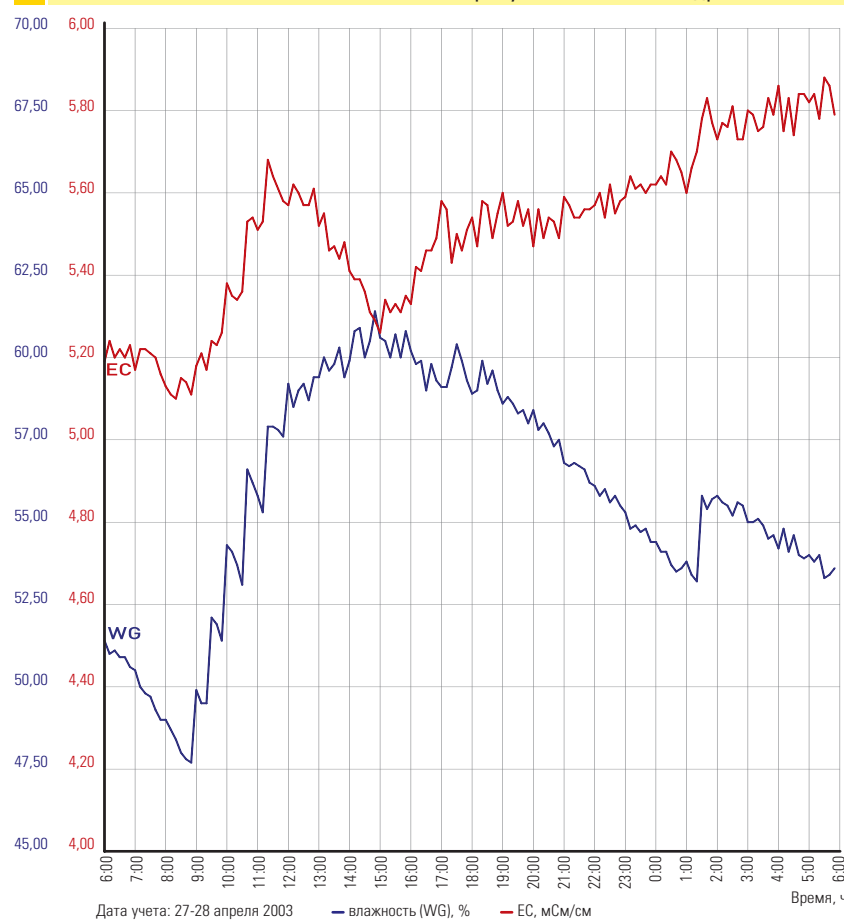
- ♦ Обновление и стабильность ЕС в соответствии с приходом солнечной радиации в течение пика солнечных часов.
- ♦ Полив в соответствии с приходом солнечной радиации 3,0 мл/Дж после обеда, чтобы обеспечить стабильную влажность и контроль ЕС в мате.
- ♦ Завершение поливов в зависимости от активности растений для стабильного снижения влажности в течение ночи.

Статья поступила в редакцию 26.12.2013

**Об авторах**

**Анди Лии**, доктор наук, руководитель отдела по технологической поддержке компании GRODAN, Великобритания  
Перевод: **Юрий Ильвачев**, кандидат с.-х. наук, технический консультант компании GRODAN, Россия  
E-mail: info@grodan.nl

**Рис. 4. Нестабильность влажности и ЕС в результате «ложного дренажа»**



Влажность снижается после полудня в результате большого выхода дренажа за поливной цикл, и в результате ЕС увеличивается. Пример показывает, что агроном попытался исправить ситуацию со снижением влажности субстрата ночным поливом, но решение было ошибочным.

## Grotop Expert®

Стабильный рост для высокого урожая



- Возможность эффективного управления влажностью и ЕС для поддержания баланса культуры.
- Высокая степень контроля ЕС с минимально возможным дренажом.
- Легкое укоренение и быстрое построение сбалансированного растения.

"Grotop Expert, основан на технологии Next Generation Technology от компании GRODAN и помогает реализовать быстрый старт и раннее начало плодоношения. Это то, с помощью чего компания GRODAN привносит идею точного выращивания в нашу реальность."

Richard, Technical Advisor



THE **gro** TEAM

Больше информации Вы сможете найти на сайте компании [www.grodan.com](http://www.grodan.com)



на первом месте