

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАСТЕНИЙ. ОПТИМИЗАЦИЯ КЛИМАТА РОСТА ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЛАНСАМИ.



hoogendoorn
growth management

Прыткова Любовь Петровна,
консультант компании ГроуТэк

Илья Бородин,
директор российского филиала Hoogendoorn

ООО «ГроуТэк» – компания, известная на российском рынке продукции и услуг для защищенного грунта как надежный поставщик кокосового субстрата BIOGROW и минеральной ваты «ГроуТэк». 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 ведения и питания овощных культур. 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.

Новое Поколение Выращивания /НПВ/ – новый агрономический подход, внедренный в тепличную отрасль Голландии Ассоциацией Агрономов Голландии. Компания Hoogendoorn участвует в проекте с 2006 года. Несмотря на то, что НПВ в основном ассоциируется с энергосбережением, главная цель – оптимизация роста растения через улучшения климатических условий в теплице. Поэтому, основной фокус – развитие и рост. Несмотря на то, что при этом достигается значительная экономия энергоресурсов – в этой ситуации это скорее бонус, чем цель. В Нидерландах была внедрена интенсивная программа обучения. По этой программе уже обучено более ста голландских агрономов и консультантов, усовершенствовав знания по физике и физиологии растений. Применяя принципы НПВ, агрономы

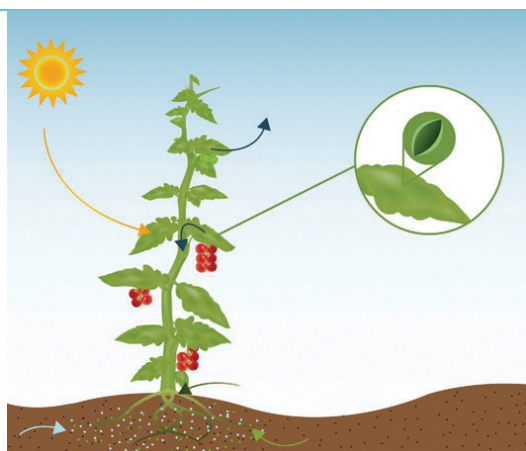


улучшили свои результаты и одновременно минимизировали энергозатраты. Эта статья освещает некоторые аспекты по применению методов Нового Поколения Выращивания.

Фотосинтез в качестве отправной точки

Фотосинтез является отправной точкой для оптимизации роста растений. Зеленые растения содержат пигмент, называемый хлорофилл. Хлорофилл поглощает часть солнечного спектра, который мы называем Фотосинтетической Активной Радиацией (ФАР). Это свет с длиной волны в диапазоне от 400 до 700 нанометров. Свет ФАР запускает процесс фотосинтеза, при котором углекислый газ и вода фотохимически конвертируются в кислород и ассимиляты. К ассимилятам относятся углеводы и сахара. Ассимиляты являются строительными блоками для роста и энергии, и поддерживают биохимические процессы внутри растения. Таким образом, первым шагом для оптимального выращивания является оптимальное производство ассимилятов, то есть максимальное поглощение доступной ФАР от солнца или искусственного излучения, например от натриевых ламп высокого давления SON-T или LED-ламп.

Лучший способ оптимизировать фотосинтез состоит в том, чтобы поставлять много ФАР и поддерживать растения путём сохранения их энергетического и водного баланса в норме. В общем, это означает, чтобы держать устьица открытыми, необходим высокий уровень углекислого газа и высокая влажность (например, 75 % в зависимости от культуры), а также высокая температура, так как она ускоряет процесс фотосинтеза. Конечно же, существуют ограничения. Каждый тип растений имеет свою максимальную активность фотосинтеза, выражаемую количеством ФАР в микромоль/м²с. Более высокий уровень ФАР не обеспечит большей эффективности, и даже может нанести вред хлорофиллу. Кроме того, каждый вид растений имеет максимальную мощность испарения, выражаемую в гр/м²/час. Принуждение растений к более высокому уровню испарения вызывает их повреждение. Тем не менее, исследования Выращивания Нового Поколения демонстрируют, что для многих культур сила фотосинтеза может быть увеличена до значительно более высоких уровней, чем обычно практикуется в условиях высокой влажности и высокого уровня радиации.



Иными словами, во многих случаях фотосинтез и производство ассимилятов могут быть увеличены путем простого удержания вентиляционных форточек теплицы закрытыми дольше, и иногда путем дополнительной работы фог-системы, вместо использования затеняющих экранов или применения забеливания для смягчения солнечного света.

Баланс растений

Процесс роста растений в основном определяется тремя балансами: водным, энергетическим и балансом ассимилятов. Эти балансы взаимосвязаны благодаря устьицам: микроскопическим порам на листьях, которые выпускают водяной пар и поглощают углекислый газ. Когда испарение и количество влаги в растении становится низким, устьица закрываются, чтобы снизить испарение и предотвратить обезвоживание. Вследствие этого температура листа повышается, что приводит к смещению энергетического баланса. Кроме того, закрытие устьиц затрудняет поглощение углекислого газа, тем самым замедляя процесс фотосинтеза, что негативно сказывается на балансе ассимилятов. Таким образом, поскольку все балансы растений взаимосвязаны через устьица, изменение одного фактора роста, например уровня ФАР, влияет на другие факторы, такие как температура, поглощение углекислого газа, относительная влажность, поглощение воды и, в конечном счете, рост растений в целом. Можно



сказать, что при любых условиях растение стремится сохранить все три баланса в равновесии, и все физиологические процессы растения служат этому. Наблюдение за поведением растения через эти балансы раскрывает многие аспекты того, как растения реагируют на изменения условий достаточно простым путем. Становится очевидно, что движет растением, и чего растение пытается достичь – как можно скорее восстановить все три баланса. Временной период энергетического и водного баланса очень короткий: растения реагируют в течение нескольких минут. Временной период баланса ассимилятов более длинный – время реакции может составлять один день или более, в зависимости от культуры.

Энергетический баланс

Энергетический баланс – это баланс между входящими в растение и исходящими из него потоками энергии. Можно выделить четыре типа энергетических потоков:

- Коротковолновое – это солнечный свет и свет от ламп или светодиодов;

- Длинноволновое излучение – также называемое тепловым излучением или теплоотдачей;
- Конвекционная энергия – передается движением воздуха вокруг листьев
- Энергия испарений

Так как растения не могут сами вырабатывать тепло, энергетический баланс состоит исключительно из внешних потоков энергии. Если мы представим энергетический баланс в виде четырех отдельных потоков и посчитаем их в соответствии с законами сохранения энергии, значение будет равно нулю.

Как правило, коротковолновое излучение направлено на растение, поэтому оно всегда находится на входящей стороне равенства. Длинноволновое излучение может быть направлено как к растению, так и от него, в зависимости от разности температур между растением и окружающими объектами, такими как почва и крыша теплицы.

Конвекционный теплообмен также зависит от разницы температур растения и воздуха. Таким образом, он может иметь как положительное, так и отрицательное значение в балансе.

Испарение возможно только в случае, если баланс имеет избыток энергии. Испарение также является связующим звеном между энергетическим и водным балансом, так как испарение является важнейшим фактором в охлаждении растения при условиях высокого излучения.

Энергетический баланс растения



Новые выводы в понимании энергетического баланса

Исследование Выращивания Нового Поколения выявило как минимум три важных вывода относительно энергетического баланса растений. Во-первых, активность растений или испарение могут быть стимулированы движением воздуха, так как движущийся воздух обеспечивает приток конвекционного тепла. Движение воздуха также предотвращает застой микроклимата. Во-вторых, было выявлено, что низкая влажность воздуха или высокий дефицит влажности вызывает нежелательное дополнительное испарение в условиях высокой радиации, вследствие чего устьица закрываются и фотосинтез сокращается. В-третьих, было обнаружено, что длинноволновое излучение оказывает существенное негативное влияние на энергетический баланс растения в ночной период, а также в начале и конце дня, когда температура крыши теплицы ниже температуры растений. В этой ситуации испарение, и как следствие поглощение жизненно важных элементов питания, особенно кальция, падает ниже критического минимального значения. Это вызывает множество проблем роста и развития растения. Таким образом, настоятельно рекомендуется держать энергетические

экраны закрытыми в ночное время суток, чтобы сохранить энергетический баланс в верхушке растения на положительной величине и дать возможность растению испарять воду и поглощать кальций.

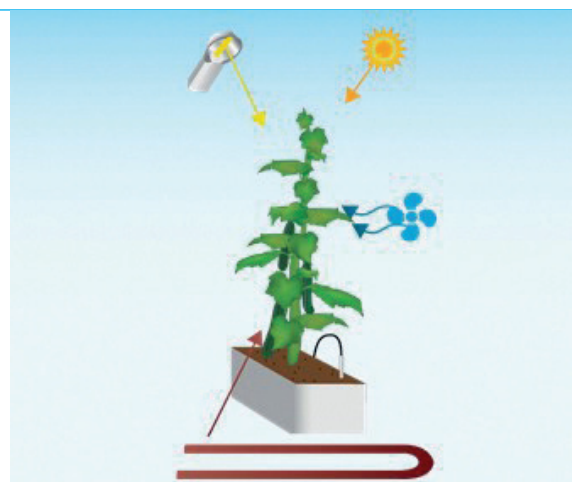
Водный баланс

Водный баланс – это баланс между водой, поступающей в растение и выходящей из него. Вывод жидкости из растения в основном происходит посредством испарения. Только небольшое количество воды сохраняется в растении и в плодах. На практике испарение в основном происходит под воздействием излучения солнца и искусственного освещения, а также труб отопительной системы. Если радиации нет совсем,

единственный источник энергии – это конвекционный теплообмен от движения воздуха. В таком случае испарение зависит от ОВ (относительной влажности) и/или ДВ (дефицита влажности).

Растениям необходимо испарять влагу, и как следствие поглощать воду корневой системой по трем причинам: чтобы поглощать питательные вещества, чтобы расти, и чтобы охлаждаться. Чтобы сохранить водный баланс в равновесии, количество поглощаемой корнями влаги должно как минимум равняться уровню испарения. Поэтому, чтобы обеспечить достаточное снабжение водой, полив должен быть пропорционален энергии испарения растений.

Агрономы предпочитают, чтобы растения были активны все время, и не зря. Очень важно, чтобы испарение не прекращалось на длительное время. Как было сказано выше, испарение необходимо для поглощения питательных веществ, особенно кальция. Кальций является незаменимым строительным материалом для растущих клеток, и недостаток кальция может вызвать массу различных проблем. Более того, избыток кальция не означает, что он может быть запасен впрок. Это означает, что испарение, особенно в верхушке растения около точки роста, не должно падать ниже критического значения, которое зависит от типа культуры. И еще раз, защита растения от исходящего длинноволнового излучения является важнейшей мерой для предотвращения проблем, связанных с поглощением кальция.



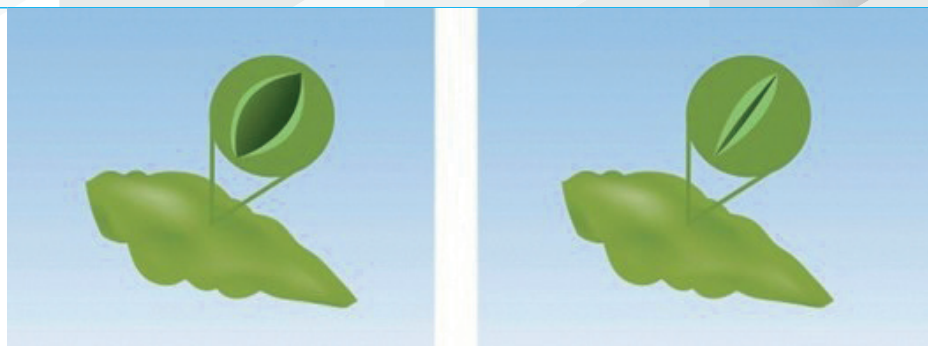
Наблюдение за поведением устьиц

Соотношение температуры растения и температуры воздуха является важным показателем водного и энергетического баланса растения. Если температура растения ниже температуры воздуха, у растения более чем достаточно воды для испарения, и таким образом оно поддерживает низкую температуру. Если температура растения выше, чем температура воздуха, это может означать, что растению недостаточно воды для охлаждения. В таком случае растение частично закрывает устьица, чтобы ограничить уровень испарения, чтобы поддержать водный баланс. Для поглощения углекислого газа очень важно сохранять устьица открытыми. Устьица будут открыты, если водный баланс в равновесии, т.е. уровень испарения не превышает уровень поглощения влаги растением. Если испарение достигает слишком высоких показателей, необходимо принимать меры. Первый шаг: увеличить относительную влажность воздуха. Как правило, разница давления паров находится в пределах 0,3-1,5 кПа, уровень зависит от культуры. Существует непонимание, что для высокого уровня испарения необходима высокая разница давления паров и, следовательно, высокий дефицит влажности (ДВ). Такие растения, как томаты и огурцы могут испарять много воды при низких величинах РДП, если устьица широко раскрыты, даже если уровень относительной влажности воздуха достаточно высок.



Открытое устьице по низкому значению РДП

Закрытое устьице по слишком высокому значению РДП



Разница давления пара (РДП)

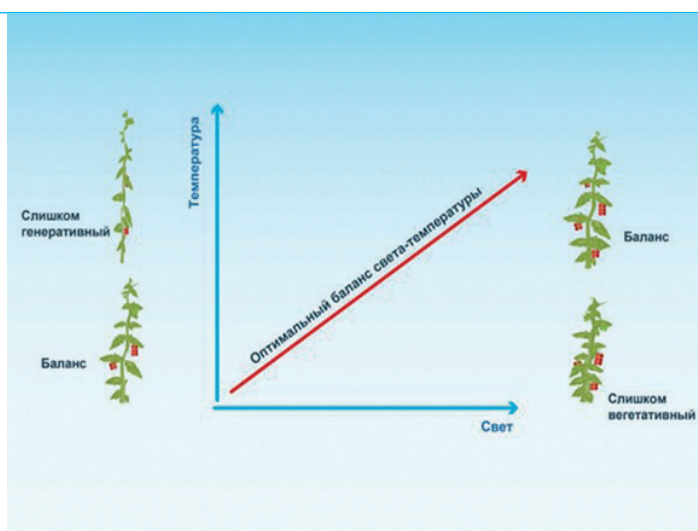
Если мы хотим узнать, открыты или закрыты устьица, нам нужно определить разницу давления пара (РДП) растения. РДП – разность между давлением водяного пара в растении и в окружающем воздухе. Оно может быть рассчитано путем измерения температуры растения. Слишком большая величина РДП (от 1,5 кПа и выше) указывает на начало дефицита воды и закрытие устьиц. Слишком маленькая величина РДП

(ниже 0,2 кПа) означает, что давление пара не хватает для выведения влаги из устьиц, или даже что температура листа находится вблизи или ниже точки росы. Это может происходить в ночное время на очень высоких уровнях относительной влажности (более 95 %) в комбинации с длинноволновым исходящим излучением. Это означает, что у растений практически не происходит процесс испарения, и как следствие, поглощение кальция.

Баланс ассимилятов

Баланс ассимилятов – это баланс между производством и потреблением ассимилятов. Чтобы оптимизировать рост, крайне важно, чтобы производство ассимилятов было как можно более высоким, и чтобы ассимиляты использовались по максимуму. Как правило, большее количество ФАР приводит к более высокому производству ассимилятов, при условии, что имеется достаточное количество углекислого газа, и устьица открыты. Скорость переработки ассимилятов внутри растения зависит в основном от средней температуры.

Для поддержания баланса между производством и переработкой ассимилятов, должно быть правильное соотношение между общим количеством ФАР (потребление ассимилятов) и средней температурой (переработка ассимилятов), желательно ежедневно.



Контрольные факторы

На все процессы в растении влияют условия окружающей среды. Мы хотим добиться того, чтобы растения могли расти и развиваться в оптимальных условиях. В соответствии с философией Выращивания Нового Поколения, контроль над климатом в теплице должен основываться на поддержании трех балансов растения. Ниже приведены пять контрольных факторов, которые оказывают большое влияние на эти балансы.

1. Относительная (ОВ) и абсолютная (АВ) влажность

Относительная влажность считается важнейшим фактором роста, помимо ФАР, углекислого газа и температуры. Комбинация высокой радиации и низкой относительной влажности приводит к закрытию устьиц, и как следствие, к снижению фотосинтеза. Таким образом, уровень относительной влажности должен сохраняться высоким при высоком уровне излучения для каждого типа растений. Это можно контролировать, минимизируя открытие вентиляционных фрамуг, иногда в комбинации с дополнительным использованием системы туман.

Помимо относительной влажности, абсолютная влажность также является фактором контроля. Измеренные относительная влажность и дефицит влажности не отображают увеличение или уменьшение влажности корректно. Например, вполне возможно, что относительная влажность снизится, в то время как величина абсолютной влажности возрастет. Можно подумать, что влажность находится под контролем, тогда как в реальности возрастает риск конденсации.

2. Измерение температуры растения и разность давления паров

Это является важным инструментом в определении водного дефицита и его предотвращения. Очень большая РДП означает недостаток воды. Это может быть вызвано слишком сильным освещением, или же слишком низким уровнем относительной влажности.

Если имеет место недостаток воды, очень важно принять правильные меры. Прежде всего, обеспечьте достаточное количество воды для корневой системы.

Во-вторых, сохраняйте высокую относительную влажность, чтобы снизить испарение, вызванное конвекционной энергией. Также вы можете применять забеливание или затеняющие экраны, чтобы снизить солнечную радиацию.

3. Движение воздуха

Движение воздуха вокруг растения необходимо для сохранения испарения, и, следовательно, активности растения на достаточном уровне. Особенно в условиях низкой радиации и в ночное время. Более того, движение воздуха улучшает микроклимат вблизи растения, и способствует равномерному распределению температуры внутри теплицы. Чтобы стимулировать движение воздуха, вместо труб отопления можно использовать вертикальные вентиляторы.

4. Хорошие (энергосберегающие) экраны уменьшают исходящее длинноволновое излучение.

Исходящее длинноволновое излучение вызывает, к примеру, охлаждение верхушек растений, и оказывает большое негативное влияние на процесс роста. Слишком большое исходящее излучение вызывает снижение испарения, и поглощение питательных веществ в верхней части растений. Это также вызывает снижение роста (скорости роста), которая также зависит от температуры.

5. Устойчивый баланс общего количества ФАР и средней температуры

Для поддержания здоровья растений и контроля нагрузки на растение, очень важно ежедневно поддерживать устойчивый баланс между общим количеством ФАР и средней температурой.

Контроль климата на основе энергетического и водного балансов

Большинство систем климат контроля реагируют на температуру и относительную влажность в теплице. Однако гораздо более очевидно сосредоточиться на энергетическом и водном балансах в теплице. Это означает также, что основное внимание уделяется причинам, а не последствиям изменения температуры и относительной влажности в теплице.

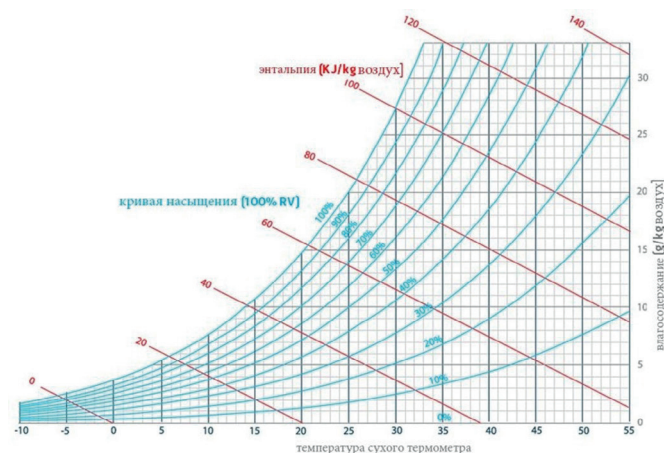
Устойчивый баланс притока и потребления энергии и воды приведет к благоприятному климату для роста культур, без сильных колебаний температуры и влажности. На них влияют внешние условия: солнечное излучение, температура, влажность, скорость ветра, длинноволновое излучение, дожди и т.д. Таким образом, системы климатического контроля Hoogendoorn разработаны для поддержания энергетического и водного баланса путем предупреждения (упреждающего контроля) изменений внешних условий. Это более эффективно, чем реагировать на изменения температуры и влажности в теплице путем исправления последствий.

Контроль климата на основе психометрической карты

Для эффективного управления климатом в теплице необходимо знание Психометрического графика. Психометрический график показывает все характеристики влажности воздуха внутри теплицы и снаружи.



Обладая этой информацией, вы будете знать, какие меры (например – отопление, вентиляция, увлажнение или затенение) предпринять для поддержания водного и энергетического баланса в теплице и лучшего роста растений.



Психрометрическая диаграмма

Факторы, связанные с климатом в теплице

В данном разделе приведены практические советы для оптимизации климата в теплице, основанные на знаниях, полученных при

1. Избегайте потери энергии из-за длинноволнового излучения: закрывайте экран(ы)

Когда крыша теплицы холоднее, чем растения, растения отдают тепло в сторону холодной крыши, теряя много энергии. Это снижает рост растений и поглощение ими питательных веществ. Когда экраны закрыты в нужное время, исходящее длинноволновое излучение в значительной степени предотвращается. Температура крыши теплицы формируется под воздействием температуры снаружи, а также под воздействием длинноволнового теплового излучения в сторону неба. Это может быть измерено с помощью Пиргео-сенсора. В случае высокого исходящего излучения снаружи, температура крыши теплицы будет

холоднее температуры воздуха снаружи. Таким образом, держать энергосберегающие экраны закрытыми является крайне важным фактором.

2. Зашторивание без пропуска влаги для ровного климата

Щели в экранах вызывают неравномерность температуры в теплице, если холодный воздух снаружи экрана попадает в теплицу. Разница температур вызывает охлаждение верхушек растений и конденсацию на их поверхности. Для достижения гомогенного климата рекомендуется зашторивание без оставления щели в экранах (насколько это возможно).

3. Вентиляция над закрытыми экранами для лучшего контроля влажности

Исследование Выращивания Нового Поколения показывает, что вентиляция над закрытыми экранами может обеспечить лучший контроль влажности, чем увеличение минимальной температуры труб отопления. Если увеличивается относительная влажность, лучше увеличить перенос водяных паров через экраны, чем увеличить испарения растений. Для этого необходимы экраны с хорошим влагопропусканием.

4. Вентиляционные отверстия с обеих сторон для ровного климата

При одновременном использовании вентиляционных форточек, как с ветренной, так и с безветренной стороны, их не нужно открывать слишком сильно. При этом вентиляция более равномерна и управляема. Кроме того, введение в теплицу воздуха снаружи более эффективно, чем выведение воздуха из нее. Соответственно, вентиляция с отверстиями, как с ветренной, так и с безветренной стороны обеспечивает более однородный климат.

Заключение

Благодаря внедрению идей Выращивания Нового Поколения и использования соответствующих методов контроля климата, тысячи голландских

производителей самых разных культур сообщают, что они добились положительных результатов. В частности, принципы Выращивания Нового Поколения привели к революции в управлении экранами. При грамотном использовании правильных экранов возможно одновременно улучшить условия роста для растений и экономить энергию.

Применение принципов и идей Выращивания Нового Поколения дает следующие преимущества:

- Водный стресс в условиях высокой радиации обнаружен и предотвращен.
- Естественное и искусственное освещение используется более эффективно, вследствие этого уровень фотосинтеза выше.
- При правильном балансе растений производится больше ассимилятов, что приводит к увеличению производительности и качества.
- Сбалансированное растение менее уязвимо для вредителей и болезней.
- При эффективном использовании энергосберегающих экранов без щелей и использовании вертикальных вентиляторов для активации растений вместо использования труб отопления, можно добиться большой экономии энергии.

Говоря кратко, используя принципы Выращивания Нового Поколения климат станет более однородным, растения более здоровыми, уменьшится количество вредителей и болезней, и вы сможете сэкономить энергию.

**ООО «ГроуТэк»
(GrowTechLLC)**
Адрес: г. Москва, ул.
Шоссейная 24/7
+79031017335
www.growtech.pro
grow.tech@mail.ru

