

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044456**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.08.29**

(51) Int. Cl. *A01G 7/04* (2006.01)  
*A01G 9/24* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202092973**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.06.11**

---

(54) **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

---

(31) **2021101**

(56) DE-B3-102016222326  
GB-A-1307763  
WO-A2-2018062988  
WO-A1-2012060282

(32) **2018.06.11**

(33) **NL**

(43) **2021.03.15**

(86) **PCT/NL2019/050350**

(87) **WO 2019/240572 2019.12.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БЛЮ СКАЙЗ 1989 Б.В. (NL)**

(72) Изобретатель:  
**Меювс Герардус Йоханнес Йозеф  
Мария, Меювс-Абен Корнелия  
Хенрика Петронелла Мария, Крёгер  
Марк (NL)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

---

(57) В устройстве сельскохозяйственную культуру выращивают по меньшей мере по существу в условиях без дневного света, причем сельскохозяйственную культуру в условиях по меньшей мере по существу полностью кондиционированного помещения (10) для выращивания подвергают воздействию актиничного искусственного света из множества источников искусственного света (30), находящихся в помещении для выращивания. Во время цикла выращивания выходную мощность источников искусственного света (30) адаптируют к поглощению энергии части сельскохозяйственной культуры (50), освещаемой ими таким образом, чтобы сельскохозяйственная культура рядом с каждым из множества источников искусственного света испытывала по меньшей мере по существу постоянный и по меньшей мере по существу взаимно одинаковый дефицит пара.

**B1**

**044456**

**044456  
B1**

Изобретение относится к способу выращивания сельскохозяйственной культуры, в частности по меньшей мере по существу в условиях без дневного света, в которых сельскохозяйственную культуру по меньшей мере по существу в полностью кондиционированном помещении для выращивания подвергают воздействию актиничного искусственного света, в частности, содержащего фотосинтетически активное излучение (PAR), из множества источников искусственного света, находящихся в помещении для выращивания.

Изобретение также относится к устройству для производства сельскохозяйственных культур, в частности по меньшей мере по существу в условиях без дневного света, включающих в себя по меньшей мере по существу полностью кондиционированное помещение для выращивания между впуском для воздуха и выпуском для воздуха для по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока, содержащего установку для обработки воздуха для сохранения и, при необходимости, обработки указанного ламинарного воздушного потока, содержащую множество осветительных приборов, находящихся в помещении для выращивания, с одним или несколькими источниками искусственного света, которые способны генерировать и выполнены с возможностью генерирования актиничного искусственного света, в частности, содержащего фотосинтетически активное излучение (PAR), и с возможностью воздействия им на сельскохозяйственную культуру.

Такой способ и устройство известны, например, из патента США US 9357718. В нем описаны условия выращивания, в которых сельскохозяйственную культуру в кондиционированных условиях подвергают воздействию регулируемых в значительной степени климатических условий для выращивания. Помимо условий воздуха эти климатические условия также включают в себя воздействие адаптированного спектра света с фотоактивным (PAR) излучением.

В осветительных приборах, часто применяемых в настоящее время, для обеспечения светового спектра используется светодиодное освещение. Хотя эффективность такого освещения во много раз выше, чем у общепринятых и более традиционных газоразрядных ламп, такие светодиодные приборы помимо фотоактивного (PAR) излучения вырабатывают все-таки значительное количество тепла. Это тепло частично поглощается воздушным потоком, направляемым через помещение для выращивания, что не меняет того факта, что дальше температура помещения будет неизбежно более или менее постепенно повышаться. При этом относительная влажность воздуха падает, а сельскохозяйственная культура будет способна к большему испарению. Хотя такая повышенная температура помещения не приводит к более быстрому локальному развитию (росту) сельскохозяйственной культуры, это само по себе нежелательно, потому что содержание твердых составляющих веществ при этом падает ниже нужного уровня, и нельзя гарантировать равномерность по всей площади выращивания при чрезмерном пропорциональном увеличении площади выращивания.

Кроме того, фотосинтез сельскохозяйственных культур при обычном выращивании без дневного света также накладывает ограничения на максимальную эффективность помещения или ячейки для выращивания. Это связано с тем, что фотосинтез зависит не только от подаваемого PAR света, но также зависит от поглощения сельскохозяйственной культурой углекислого газа. Однако существует предел обогащения окружающего воздуха углекислым газом, уровень которого составляет порядка 1500-2000 частей на миллион. За пределами этого уровня высокая концентрация углекислого газа отрицательно влияет на развитие сельскохозяйственных культур. Для усиления фотосинтеза нужна повышенная подача углекислого газа к сельскохозяйственной культуре, поэтому над сельскохозяйственной культурой нужен воздушный поток, в котором всегда имеется свежий запас углекислого газа ниже этого максимального предела.

Однако для поглощения углекислого газа устьица листа должны открываться, что также будет приводить к большему испарению, а за счет этого к потере влаги (обезвоживанию). Этот эффект усиливается по мере увеличения скорости воздуха над сельскохозяйственной культурой. В конечном итоге сельскохозяйственная культура может при этом «получить ожог», чего, конечно, нужно избегать. При этом обычные условия выращивания налагают значительные ограничения на максимальную скорость воздуха над сельскохозяйственной культурой и за счет этого на максимальную величину масштабирования, до которой можно осуществлять на практике предпринятые до сих пор инициативы для выращивания кондиционированного сельскохозяйственных культур без дневного света.

В случае рециркуляции воздушного потока в известных проектах земледелия в помещении более часто применяют реальную осушающую установку для удаления избыточного водяного пара из воздуха перед направлением воздуха назад в помещение для выращивания. Это требует значительного количества дополнительной энергии, что, в свою очередь, в значительной степени или даже полностью нивелирует ценность возможного увеличения выпуска продукции в данных условиях выращивания.

Среди прочего, цель настоящего изобретения состоит в предоставлении способа и устройства для кондиционированного выращивания сельскохозяйственных культур, которые по меньшей мере в значительной степени устраняют эти и другие ограничения для дальнейшего масштабирования процесса.

Для достижения поставленной цели способ, относящийся к описанному в преамбуле типу, имеет признак согласно изобретению, заключающийся в том, что во время цикла выращивания выходную мощность источников искусственного света адаптируют к поглощению энергии освещаемой ими части

культуры таким образом, чтобы сельскохозяйственная культура рядом с каждым из множества источников искусственного света испытывала по меньшей мере по существу постоянный дефицит пара, в контексте изобретения целью является дефицит пара, который поддерживают постоянным в пределах 5%, а предпочтительно в пределах 2,5% от среднего значения (выраженного в г/кг) во всем помещении для выращивания.

Устройство, относящееся к описанному в преамбуле типу, имеет признак, заключающийся в том, что приборы снабжены средством регулируемого охлаждения, с помощью которого выходную мощность источников искусственного света можно адаптировать во время цикла выращивания к поглощению энергии части сельскохозяйственной культуры, освещаемой ими таким образом, чтобы сельскохозяйственная культура рядом с каждым из множества приборов испытывала по меньшей мере по существу постоянный и по меньшей мере по существу взаимно одинаковый дефицит пара. В этом контексте дефицит пара выглядит по меньшей мере по существу постоянным и по меньшей мере по существу одинаковым, когда он отклоняется менее чем на 5%, а предпочтительно менее чем на 2,5% от среднего значения (выраженного в г/кг) во всем помещении для выращивания.

В данном контексте под указанным дефицитом влаги подразумевается разница между фактическим парциальным давлением водяного пара в атмосфере и максимальным парциальным давлением пара при преобладающей температуре помещения, то есть разница между фактическим содержанием водяного пара в воздухе и максимальным содержанием водяного пара в воздухе при насыщении (выраженным в г/кг). Это мера количества воды (пара), которую окружающий воздух может поглотить при преобладающей температуре. По сути, это дефицит влаги, который испытывает сельскохозяйственная культура при преобладающей температуре. Здесь следует отметить, что дефицит пара, регулируемый согласно настоящему изобретению, не следует путать с относительной влажностью воздуха, которая определяется как процент фактического содержания влаги в воздухе по отношению к максимальному содержанию влаги при преобладающей температуре окружающей среды. Хотя согласно изобретению, дефицит пара в помещении везде поддерживается по существу постоянным, то же самое не обязательно применимо по меньшей мере к влажности воздуха в помещении.

Степень обмена кислорода, углекислого газа и водяного пара между субэпидермальной полостью и атмосферой естественным образом регулируется за счет положения устьиц (пор) в листе растения. Когда атмосфера может поглощать большое количество водяного пара, устьица частично или полностью закрываются, чтобы максимально предотвратить обезвоживание или даже ожог. "Всасывающая способность" атмосферы определяется комбинацией скорости потока воздуха и дефицита пара. Согласно изобретению это, так сказать, всасывающее действие, оказываемое на сельскохозяйственную культуру атмосферой, поддерживается постоянным в допустимых пределах во всем помещении для выращивания или его части, предназначенной для этой цели. Это придает значительный дополнительный контроль над развитием сельскохозяйственных культур, что, среди прочего, делает возможным значительное увеличение максимальной величины масштабирования помещения для выращивания.

Изобретение основано на понимании того, что дальнейшее масштабирование способа и условий выращивания, относящихся к описанному в преамбуле типу, ограничено не только постепенным повышением температуры, но по меньшей мере в такой же степени испарением сельскохозяйственной культуры. Фотоморфогенный баланс сельскохозяйственной культуры в конечном итоге ограничен степенью поглощения углекислого газа и испарением, связанным с большим или меньшим открытием устьиц. В результате либо фотосинтез сельскохозяйственной культуры в конечном итоге перестает поспевать за скоростью роста, что приводит к нежелательной потере качества, либо происходит такая большая потеря влаги за счет испарения, что сельскохозяйственная культура обезвоживается, а в крайнем случае даже получает ожоги.

Однако поскольку согласно изобретению дефицит пара в помещении для выращивания находится под контролем, испарение сельскохозяйственной культурой повсюду контролируется в большой степени и, как было обнаружено, в достаточной степени, чтобы можно было достичь более высокого уровня фотосинтеза без ущерба в результате обезвоживания. Результатом является большая, ограниченная только техническими факторами, возможность дальнейшего масштабирования среды выращивания, в результате чего необходимые инвестиции в оборудование и строительные работы могут быть компенсированы более высоким урожаем, что приводит к значительному увеличению экономической эффективности этой формы сельского хозяйства, также называемой земледелием в помещении.

Из-за неизбежного выделения тепла традиционными, но также и светодиодными осветительными приборами, традиционные проекты земледелия в помещении, как описано в преамбуле, требуют охлаждающих установок с высокой охлаждающей способностью, чтобы поддерживать температуру в помещении для выращивания в приемлемых пределах. С этой целью воздушный поток обычно направляют через помещение для выращивания и над осветительными приборами, что позволяет поглощать тепло от приборов и отводить его за пределы помещения для выращивания. Там воздух проходит через теплообменник, обычно называемый охлаждающим змеевиком, который снижает температуру воздуха до нужного уровня.

Однако недостатком такого метода является то, что на практике, имея в виду доступное простран-

ство, для этой цели обычно применяют охлаждающие змеевики, что не только приводит к падению температуры на теплообменной поверхности с обтекаемым воздухом, воздуха, но также к осушению за счет конденсации. Последнее, однако, не всегда желательно на практике, потому что такое сильное осушение приводит к сильному дефициту пара, в результате чего устья закрываются, а поглощение углекислого газа и за счет этого уровень фотосинтеза падает. Кроме того, из-за чрезмерного осушения ценная вода теряется, если ее нельзя использовать повторно, в то время как для этого требуется относительно большое количество охлаждающей энергии, и, кроме того, энергия необходима для повторного увлажнения воздуха перед возвратом воздушного потока в помещение для выращивания.

Таким образом, предпочтительный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет особенность, заключающуюся в том, что атмосферу помещения для выращивания подвергают обработке воздуха, при которой температура атмосферы поддерживается выше точки росы. Таким образом, предотвращается нежелательная потеря влаги в результате охлаждения, в результате чего повторное увлажнение воздуха не требуется или требуется по меньшей мере в значительно меньшей степени, чтобы поддерживать предполагаемый равномерный дефицит пара в помещении для выращивания. Особенность конкретного варианта осуществления устройства согласно изобретению состоит в том, что установка для обработки воздуха содержит охлаждающее устройство, в частности охлаждающий змеевик, который снабжен коллектором конденсата. Когда в этом случае влага все же извлекается из циркулирующего воздуха, конденсированную влагу можно, таким образом, повторно использовать, и можно избежать ее потери. Таким образом, слишком высокую влажность воздуха можно снизить до желаемого уровня за счет принудительной конденсации.

Поскольку во время развития листовой системы сельскохозяйственная культура будет испарять в большей степени, содержание влаги в атмосфере обычно будет увеличиваться по мере того, как у сельскохозяйственной культуры разовьется больше листьев. В то же время для физического процесса испарения необходимо тепло, которое будет извлекаться сельскохозяйственной культурой из окружающей среды. Оба эффекта вместе приводят к увеличению локальной влажности воздуха и, следовательно, к уменьшению дефицита влаги в сельскохозяйственной культуре.

Тем не менее, чтобы поддерживать дефицит пара на желаемом постоянном и по меньшей мере по существу, взаимно одинаковом уровне, следующий предпочтительный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет особенность, заключающуюся в том, что выходная мощность по меньшей мере одного источника искусственного света адаптирована к испарению и поглощению энергии освещаемой им части сельскохозяйственной культуры. Когда сельскохозяйственная культура имеет меньше листьев и, следовательно, меньшую площадь ассимилирующей и испаряющей поверхности, выходная мощность источника искусственного света будет, например, снижена, чтобы не допустить неприемлемого повышения температуры окружающей среды, в то время как в случае более объемной листовой системы, а также площади ассимилирующей и испаряющей поверхности сельскохозяйственной культуры, энергия испарения, извлекаемая при этом из окружающей среды, может быть дополнена искусственным источником света. В целом, чистый термодинамический тепловой баланс освещения и испарения листьев может быть таким образом адаптирован, чтобы дефицит пара поддерживался на желаемом уровне.

Имея это в виду, следующий предпочтительный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет особенность, заключающуюся в том, что по меньшей мере один источник искусственного света снабжен регулируемым охлаждением, охлаждающая способность которого адаптирована к итоговой выходной мощности источника искусственного света и поглощению энергии сельскохозяйственной культурой. Такое охлаждение обеспечивает возможность точной адаптации конечного тепловыделения искусственного источника света к окружающей среде к балансу тепла и водяного пара находящейся под ним сельскохозяйственной культуры в течение всего цикла выращивания от прорастания или срезания до уборки.

Еще один предпочтительный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет в этом отношении особенность, заключающуюся в том, что приборы охлаждаются регулируемым образом в направлении прохождения по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока, чтобы создать под ним от прибора к прибору увеличение окружающей температуры и поддержание соответствующего температурного градиента в помещении для выращивания. Хотя фактическое содержание водяного пара в воздухе дальше будет увеличиваться в результате испарения, при установленной более высокой температуре максимальное содержание водяного пара в воздухе будет пропорционально увеличиваться, в результате чего дефицит водяного пара, тем не менее, остается по существу постоянным на пути от впуска воздуха в помещение для выращивания до выпуска воздуха из помещения для выращивания.

Каждый конкретный вариант осуществления способа и частный вариант осуществления устройства согласно изобретению имеют особенность, заключающуюся в том, что регулируемое охлаждение включает в себя жидкостное охлаждение, причем жидкостное охлаждение выполнено в виде принудительной циркуляции жидкой охлаждающей среды в теплообменном контакте с источниками искусственного освещения. Еще один вариант осуществления устройства согласно изобретению имеет для этой цели особенность, заключающуюся в том, что охлаждающие средства содержат регулирующую циркуляцию ох-

лаждающей среды, причем охлаждающая среда может по меньшей мере во время работы входить в теплообменный контакт по меньшей мере с одним источником света в приборе. Особенность предпочтительного варианта осуществления устройства согласно изобретению заключается в том, что прибор снабжен, необязательно по группам, рядом смежных приборов с индивидуально регулируемым охлаждением и адаптированным к нему контроллером.

Такое активное жидкостное охлаждение может быть очень мощным, в результате чего конечное тепловыделение прибора ограничено приемлемым и даже желаемым уровнем. Таким образом, возможная охлаждающая способность вне помещения для выращивания, необходимая для восстановления циркулирующего воздушного потока до входных условий, может оставаться ограниченной. Это имеет важное преимущество, заключающееся в том, что внутри установки для обработки воздуха, предназначенной и сконфигурированной для этого, температура всех контактных поверхностей, которые взаимодействуют с воздухом, во многих случаях нигде не опускается ниже точки росы воздуха, в результате чего можно избежать нежелательного осушения воздуха в результате конденсации. Охлаждающая среда, применяемая для принудительного жидкостного охлаждения, входит в прямой термодинамический контакт с относительно теплым прибором, благодаря чему получается исключительно эффективный и эффективный отвод от него тепла.

Принимая во внимание эффективность установки, как с точки зрения стоимости, так и с точки зрения занимаемого пространства, еще один конкретный вариант осуществления способа и устройства согласно изобретению имеет особенность, заключающуюся в том, что источники света, необязательно по группам и/или совместно, помещают в приборах, причем каждый прибор, необязательно по группам, снабжен жидкостным охлаждением, и что охлаждающая среда входит в индивидуальный теплообменный контакт с каждым из приборов. Таким образом, общий корпус источников света, а также охлаждающие трубопроводы для переноса жидкости с целью их жидкостного охлаждения могут совместно использоваться группой источников света. Другой вариант осуществления устройства согласно изобретению имеет в этом отношении особенность, состоящую в том, что прибор снабжен по группам рядом смежных приборов с регулируемым охлаждением и адаптированным к нему контроллером, при этом смежные приборы расположены в направлении, поперечном направлению прохождения ламинарного воздушного потока.

Другой конкретный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет свойство, заключающееся в том, что регулируемое охлаждение представляет собой воздушное охлаждение, причем воздушное охлаждение выполнено в виде обычного по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока в теплообменном контакте с источником искусственного света. В дополнение к жидкостному охлаждению с циркулирующей жидкой охлаждающей средой или вместо него этот вариант осуществления предусматривает охлаждение воздуха с помощью ламинарного воздушного потока, в частности того же ламинарного воздушного потока, который также направлен поверх сельскохозяйственной культуры. Помимо дополнительного охлаждения, это также обеспечивает теплообменный контакт с этим воздушным потоком, чтобы таким образом поддерживать постоянный дефицит пара в нем.

Имея в виду практическую реализацию, следующий предпочтительный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет особенность, заключающуюся в том, что источники света, необязательно по группам и/или совместно, размещают в приборах и что по меньшей мере по существу ламинарный воздушный поток направляют над приборами и вдоль них, причем в дополнительном варианте осуществления способ отличается тем, что приборы охлаждаются регулируемым образом в направлении прохождения по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока, чтобы поддерживать под ним, от прибора к прибору по меньшей мере по существу постоянный дефицит пара. Таким образом, обеспечивается полный контроль теплообмена между приборами и окружающей средой.

С целью обеспечения достаточной охлаждающей способности дополнительный вариант осуществления способа имеет особенность, заключающуюся в том, что регулируемое охлаждение приборов представляет собой воздушное охлаждение вдоль прибора, а также жидкостное охлаждение с принудительной циркуляцией жидкой охлаждающей среды по меньшей мере по существу в прямом термодинамическом контакте с прибором, при этом циркуляцию жидкой охлаждающей среды регулируют в теплообменном контакте с прибором, чтобы поддерживать от прибора к прибору по меньшей мере по существу постоянный дефицит пара под прибором.

В противном случае следует отметить, что, помимо необязательного смешанного охлаждения приборов, их тепловыделение также можно регулировать и адаптировать путем работы источников света с более низкой или более высокой мощностью. Таким образом, в объеме изобретения преимущественно использованы источники света, которые регулируют индивидуально или по группам, так что их источник питания и потребление можно регулировать. Таким образом, в частности, на начальной стадии развития сельскохозяйственных культур источники света могут работать при относительно низкой мощности, чтобы, тем не менее, обеспечивать достаточное количество излучения PAR для обеспечения оптимального фотосинтеза.

Для здорового и оптимального развития сельскохозяйственных культур еще один конкретный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет особенность, заключающуюся в том, что дефи-

цит пара устанавливают и поддерживают на уровне приблизительно от 0,5 до 6 граммов воды на килограмм воздуха. Было обнаружено, что такой дефицит пара в непосредственной близости от сельскохозяйственной культуры обеспечивает возможность высокой скорости развития сельскохозяйственной культуры, а также создание сухого вещества в результате фотосинтеза. Таким образом, возможны непревзойденные до сих пор урожайность и качество.

Свой вклад в это вносит обеспечение свободного увеличения воздушного потока вдоль и через сельскохозяйственную культуру без отрицательного воздействия на дефицит пара. Другой предпочтительный вариант осуществления способа согласно изобретению имеет в этом отношении особенность, заключающуюся в том, что ламинарный воздушный поток направляют со скоростью от 15 до 100 см/с над сельскохозяйственной культурой и/или через нее. Конкретный вариант осуществления устройства согласно изобретению имеет для этой цели особенность, заключающуюся в том, что установка для обработки воздуха способна и выполнена с возможностью поддержания во время работы скорости ламинарного воздушного потока в помещении для выращивания от 15 до 100 см/с.

Для хорошего обмена углекислого газа и кислорода устьица должны быть открыты в сочетании с достаточно высоким содержанием углекислого газа (например, порядка 1500-2000 частей на миллион) и скоростью потока воздуха приблизительно от 15 до 100 см/с. Чтобы предотвратить (частичное) закрытие устьиц и предотвратить потерю влаги при такой скорости потока воздуха, дефицит пара должен быть достаточно низким. В отличие от обычных условий выращивания согласно настоящему изобретению возможно точно регулировать и, в частности, поддерживать дефицит пара приблизительно от 0,5 до 6,0 г/кг даже при такой высокой скорости воздуха. Более высокая скорость воздуха также имеет то преимущество, что как разница в температуре, так и разница в дефиците пара уменьшаются между впуском воздуха и выпуском воздуха, в результате чего увеличивается максимальная величина масштабирования земледелия в помещении и, следовательно, экономическая целесообразность.

Такой принудительный воздушный поток обеспечивает не только охлаждение в результате испарения воды сельскохозяйственной культурой, но также и подачу свежего рециркуляционного воздуха, содержащего необязательно пополняемое количество углекислого газа, необходимого для фотосинтеза сельскохозяйственной культуры. Этот обмен углекислого газа может быть повышен до более высокого уровня благодаря изобретению, посредством чего может быть увеличено производство и/или сокращен цикл выращивания. Это дополнительно способствует экономической эффективности и экономической целесообразности описанного в преамбуле способа, часто называемого земледелием в помещении.

Далее изобретение будет объяснено ниже на основе иллюстративного варианта осуществления и сопроводительного чертежа. На чертеже:

на фиг. 1 показан схематический вид сбоку установки и конструкции иллюстративного варианта осуществления устройства согласно изобретению;

на фиг. 2 схематично и исключительно в качестве иллюстрации показано изменение температуры и влажности дальше в ламинарном потоке воздуха в обычном устройстве для выращивания; а

на фиг. 3 схематично и исключительно в качестве иллюстрации показано изменение температуры и влажности в ламинарном потоке воздуха в устройстве для выращивания на фиг. 1.

Надо отметить, что фигура является чисто схематическим и выполнена не в масштабе. В частности, некоторые размеры и компоненты могут быть увеличены в большей или меньшей степени для большей ясности. Соответствующие части обычно обозначены одним и тем же ссылочным номером.

На фиг. 1 схематично показана конструкция устройства для выращивания сельскохозяйственных культур без дневного света, также называемого земледелием в помещении. В нее входит по меньшей мере по существу полностью кондиционированное помещение 10 для выращивания, обычно также называемое климатической камерой или климатической ячейкой, в котором точно регулируют климат в помещении, который можно при желании поддерживать постоянным в определенных пределах. К климатическим параметрам, которые в данном случае важны, помимо температуры помещения, относятся концентрация углекислого газа и влажность воздуха в помещении. Эти параметры регистрируют в одной или нескольких точках измерения с помощью датчиков, предусмотренных для этой цели, но при желании они могут отличаться от места к месту в помещении для выращивания.

Последнее в первую очередь является результатом принудительного воздушного потока 20, направляемого через помещение для выращивания. После необязательной обработки за пределами помещения 10 этот воздушный поток поступает через впускную камеру 15 и продолжает движение через помещение 10 для выращивания в виде по меньшей мере по существу полностью ламинарного потока воздуха, и покидает помещение для выращивания через обратную камеру 25. Указанная обработка воздуха обычно включает охлаждение и увлажнение или осушение воздуха до желаемой относительной влажности.

В помещении 10 для выращивания имеется множество источников 30 искусственного света в виде множества светодиодных приборов. Они испускают фотосинтетически активное излучение (PAR), которое важно для фотосинтеза и, следовательно, развития сельскохозяйственной культуры 50, но которое также рассеивает тепло в помещении. Его часть будет обмениваться с воздушным потоком 20, но это также будет понемногу приводить к постепенному локальному повышению температуры в помещении

10 для выращивания. Это повышение температуры всегда является локальным точным балансом тепла, излучаемого осветительным устройством 30, и поглощенной сельскохозяйственной культурой энергии с целью испарения через листья, роста и фотосинтеза, а также тепла, выделяемого при жидкостном охлаждении приборов.

Изменение температуры схематично показано на фиг. 2 в виде кривой А. В процессе развития сельскохозяйственной культуры и, следовательно, развития листовой системы, компонент испарения будет увеличиваться (сильно), в результате чего кривая А будет расти менее круто. Количество водяного пара (влаги), выделяемого листом растения 50, упрощенно показано на фиг. 2 в виде блок-схемы. Закрашенные блоки указывают в данном случае на высвобождение влаги сельскохозяйственной культурой в положении последовательных частей сельскохозяйственной культуры 50 в направлении потока воздуха 20 под соответствующими приборами 30. Пустые блоки схематично указывают на локальный дефицит пара. Это разница между фактической долей водяного пара в воздухе и уровнем насыщения  $E_w$  при данной температуре, то есть при относительной влажности воздуха 100%.

Из фиг. 2 будет очевидно, что выходная мощность приборов в обычном помещении для выращивания растений приводит к сильному повышению температуры, в результате чего повышается уровень  $E_w$  насыщения и, следовательно, дефицит давления пара, влияющий на сельскохозяйственную культуру. Результатом этого является более сильное испарение, что показано на фигуре блоками с темной штриховкой. Значение относительной влажности  $RV$  воздуха также схематично показано в каждой позиции в качестве иллюстрации в виде столбиковой диаграммы.

Однако согласно изобретению дефицит давления пара под приборами 30 регулируют и поддерживают постоянным и по меньшей мере по существу одинаковым в узких пределах. Для этой цели предусмотрены приборы 30 с регулируемым активным средством 35 охлаждения. В этом примере это влечет за собой принудительное охлаждение посредством регулируемой циркуляции подходящей охлаждающей средой, такой как вода, которая по существу находится в прямом теплообменном контакте с прибором 30 через систему трубопроводов, причем металлические трубопроводы системы трубопроводов физически контактируют с металлом металлического корпуса прибора 30. Источники света, кроме того, являются регулируемыми, благодаря чему световое излучение PAR можно оптимально адаптировать к реальному состоянию развития части сельскохозяйственной культуры под ним. При уменьшении излучения PAR источники света также будут генерировать меньшую выходную мощность (тепло), так что в некоторых условиях требуется меньше принудительного жидкостного охлаждения или вообще его отсутствие.

В целом в течение всего цикла выращивания (то есть от прорастания, всходов или черенкования до уборки) выходную мощность источников искусственного света можно непрерывно регулировать в соответствии с поглощением энергии частью сельскохозяйственной культуры под ними, чтобы сельскохозяйственная культура испытывала по меньшей мере по существу постоянный и по меньшей мере по существу взаимно одинаковый дефицит пара под каждым из множества приборов. На практике это означает, что температура в помещении для выращивания растет менее быстро в результате жидкостного охлаждения приборов, что показано на фиг. 2 кривой В.

Более конкретно, осуществляя, устанавливая и сохраняя определенный температурный градиент в помещении для выращивания, дефицит пара можно точно регулировать в направлении X и можно сохранять постоянным и по меньшей мере по существу одинаковым от места к месту (необязательно в определенной области), как показано на фиг. 3, значение относительной влажности  $RV$  воздуха в каждой позиции также схематично показано в виде столбчатой диаграммы. Приведенное значение рассчитано как частное фактического содержания влаги в воздухе в позиции относительно максимального содержания влаги  $E_w$  в данном месте. И отсюда сразу станет ясно, что, хотя согласно изобретению дефицит пара везде поддерживается по меньшей мере по существу одинаковым, то же самое совсем не обязательно применять к относительной влажности воздуха, и поэтому на фигуре это не так, напротив, относительная влажность  $RV$  воздуха постепенно повышается.

Из-за постоянного ламинарного потока воздуха (скорости) в сочетании с по существу постоянным дефицитом пара в воздухе сельскохозяйственная культура повсюду в помещении для выращивания будет испытывать по существу постоянный баланс водяного пара и будет адаптировать к нему собственное испарение, так что оно также будет одинаковым везде в помещении для выращивания. При необходимости, охлаждение приборов в направлении, поперечном направлению прохождения X воздушного потока 20, можно осуществлять совместно для всех приборов или по группам для некоторых из них, это обеспечивает преимущество с точки зрения инженерной установки.

Дополнительным преимуществом гибридного охлаждения приборов, то есть охлаждения не только воздушным потоком 20, но также принудительным охлаждением 35, является меньшее увеличение влажности воздуха и температуры воздуха выходящего воздушного потока. Таким образом, обработка воздуха вне помещения для выращивания может оставаться ограниченной. Для этого предпочтительно применяют охлаждающую установку с охлаждающей поверхностью, температура которой при необходимости остается выше точки росы воздуха, чтобы можно было предотвратить нежелательное осушение в результате конденсации.

Регулирование согласно изобретению как температуры (повышение), так и дефицита пара в поме-

шении для выращивания обеспечивает охлаждение вне помещения для выращивания с относительно небольшой разницей температур, в частности, с охлаждающей поверхностью выше точки росы. Большую часть тепла, вырабатываемого источниками света, можно непосредственно рассеивать посредством принудительного жидкостного охлаждения и, следовательно, не нужно удалять с помощью установки для обработки воздуха. Относительно большая разница температур между охлаждающей средой и прибором в данном случае обеспечивает исключительно эффективную и эффективную передачу тепла. Однако при переходе охлаждающей установки для обработки воздуха ниже точки росы избыток водяного пара, тем не менее, при необходимости можно улавливать за счет конденсации. Водяной пар в этом случае удаляют из воздуха путем конденсации, прежде чем воздух с нужной начальной температурой возвращается в помещение для выращивания. Конденсат в этом случае предпочтительно собирают и при необходимости возвращают или иным образом (повторно) используют полезным образом.

Поскольку дефицит пара в помещении для выращивания регулируют согласно изобретению и везде поддерживают по меньшей мере по существу одинаковым, изобретение обеспечивает более высокую скорость воздушного потока в помещении для выращивания, не вызывая у сельскохозяйственной культуры неприемлемо сильного испарения, которое в противном случае могло бы отрицательно повлиять на развитие сельскохозяйственных культур. В показанном устройстве воздушный поток направляют, в частности, через помещение для выращивания со скоростью от 15 до 100 см/с, благодаря чему обмен углекислого газа с сельскохозяйственной культурой значительно выше, чем в обычном помещении для выращивания, в котором максимальная скорость воздушного потока ограничена более низким уровнем. Следствием этого является более высокий уровень фотосинтеза с более сильным и быстрым развитием сельскохозяйственных культур. Таким образом, уборку урожая можно проводить быстрее при той же пропорции сухого вещества и других полезных компонентов и составляющих веществ в сельскохозяйственной культуре. Очевидно, что это повысит экономическую эффективность помещения для выращивания.

Хотя изобретение было дополнительно разъяснено выше на основе только одного иллюстративного варианта осуществления, очевидно, что изобретение никоим образом этим не ограничено. Напротив, для специалиста с обычной квалификацией в данной области все еще возможны многие изменения и варианты осуществления в пределах объема изобретения. Помимо применения в условиях полностью или по существу полностью без дневного света изобретение, в частности, также можно применять, сохраняя при этом вышеописанные преимущества, когда сельскохозяйственная культура подвергается воздействию солнечного света, например, при выращивании под стеклом.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ выращивания сельскохозяйственной культуры, в частности, по меньшей мере по существу в условиях без дневного света, при этом указанные условия включают по меньшей мере по существу полностью кондиционированное помещение для выращивания, выпуск для воздуха и выпуск для воздуха для направления по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока через указанное помещение для выращивания и содержат множество источников искусственного света в направлении между указанным выпуском для воздуха и указанным выпуском для воздуха, причем сельскохозяйственную культуру в указанном по меньшей мере по существу полностью кондиционированном помещении для выращивания подвергают воздействию актиничного искусственного света, в частности, содержащего фотосинтетически активное излучение (PAR), излучаемое источником искусственного света из указанного множества источников искусственного света, находящихся в помещении для выращивания, отличающийся тем, что по меньшей мере по существу ламинарный воздушный поток направляют через указанное помещение для выращивания в указанном направлении от указанного выпуска для воздуха к указанному выпуску для воздуха, при этом во время цикла выращивания выходную мощность источников искусственного света адаптируют к поглощению энергии части сельскохозяйственной культуры, освещаемой ими таким образом, чтобы сельскохозяйственная культура испытывала взаимно по меньшей мере по существу одинаковый дефицит пара рядом с каждым источником искусственного света из указанного множества источников искусственного света, причем по меньшей мере один источник искусственного света снабжен регулируемым охлаждением, охлаждающая способность которого адаптирована к полученной выходной мощности источника искусственного света и поглощению энергии сельскохозяйственной культуры, и причем регулируемое охлаждение включает жидкостное охлаждение, где жидкостное охлаждение выполнено в виде принудительной циркуляции охлаждающей среды в теплообменном контакте с источниками искусственного света.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что атмосферу помещения для выращивания подвергают обработке воздуха, при которой температуру воздуха поддерживают выше точки росы.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что выходная мощность по меньшей мере одного источника искусственного света адаптирована к испарению и поглощению энергии части расположенной под ним сельскохозяйственной культуры.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что источники света, необязательно по группам и/или совме-

стно, размещают в приборах, причем приборы необязательно по группам снабжены жидкостным охлаждением, охлаждающую среду которого вводят в теплообменный контакт с каждым из приборов.

5. Способ по одному или нескольким предыдущим пунктам, отличающийся тем, что регулируемое охлаждение включает в себя воздушное охлаждение, причем воздушное охлаждение выполнено в виде общего по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока в теплообменном контакте с источником искусственного света.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что источники света, необязательно по группам и/или совместно, размещают в приборах, и что по меньшей мере по существу ламинарный воздушный поток направляют над приборами и вдоль них.

7. Способ по п.5 или 6, отличающийся тем, что приборы управляемо охлаждают путем направления по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока, чтобы поддерживать под ними, от прибора к прибору, по меньшей мере по существу постоянный дефицит пара.

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что управляемое охлаждение приборов включает в себя воздушное охлаждение вдоль прибора, а также жидкостное охлаждение с принудительной циркуляцией жидкой охлаждающей среды по меньшей мере по существу в прямом термодинамическом контакте с прибором, причем циркуляцию жидкой охлаждающей среды регулируют в теплообменном контакте с прибором, чтобы поддерживать, от прибора к прибору, по меньшей мере по существу постоянный дефицит пара под прибором.

9. Способ по п.7 или 8, отличающийся тем, что дефицит пара устанавливают и поддерживают на уровне от приблизительно 0,5 до 6 грамм воды на килограмм воздуха.

10. Способ по пп.7, 8 или 9, отличающийся тем, что ламинарный воздушный поток направляют со скоростью потока от 15 до 100 см/с над сельскохозяйственной культурой.

11. Способ по одному или нескольким из пп.7-10, отличающийся тем, что приборы управляемо охлаждают путем направления по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока, чтобы обеспечить под ними, от прибора к прибору, увеличение окружающей температуры и поддержание соответствующего температурного градиента в помещении для выращивания.

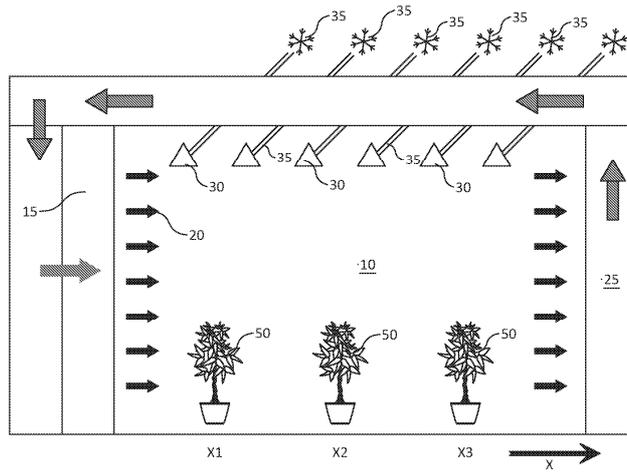
12. Устройство для получения сельскохозяйственных культур, в частности, по меньшей мере по существу в условиях без дневного света, включающих в себя по меньшей мере по существу полностью кондиционированное помещение для выращивания между впуском для воздуха и выпуском для воздуха для по меньшей мере по существу ламинарного воздушного потока, содержащее установку для обработки воздуха для сохранения и, при необходимости, обработки указанного ламинарного воздушного потока, содержащую множество осветительных приборов в направлении между указанным впуском для воздуха и указанным выпуском для воздуха, причем указанные осветительные приборы находятся в помещении для выращивания и содержат один или несколько источников искусственного света, которые способны генерировать и выполнены с возможностью генерирования актиничного искусственного света, в частности, содержащего фотосинтетически активное излучение (PAR), и с возможностью воздействия им на сельскохозяйственную культуру, отличающееся тем, что каждый из приборов снабжен средством регулируемого охлаждения, с помощью которого выходную мощность источников искусственного света во время цикла выращивания можно адаптировать к поглощению энергии части сельскохозяйственной культуры, освещаемой ими таким образом, чтобы сельскохозяйственная культура рядом с каждым прибором из множества приборов испытывала по меньшей мере по существу постоянный дефицит пара, причем средство охлаждения содержит регулируемую циркуляцию охлаждающей среды, где охлаждающая среда может по меньшей мере во время работы входить в теплообменный контакт по меньшей мере с одним источником света в приборе.

13. Устройство по п.12, отличающееся тем, что прибор снабжен необязательно по группам рядом смежных приборов с индивидуально регулируемым охлаждением и адаптированным к нему контроллером.

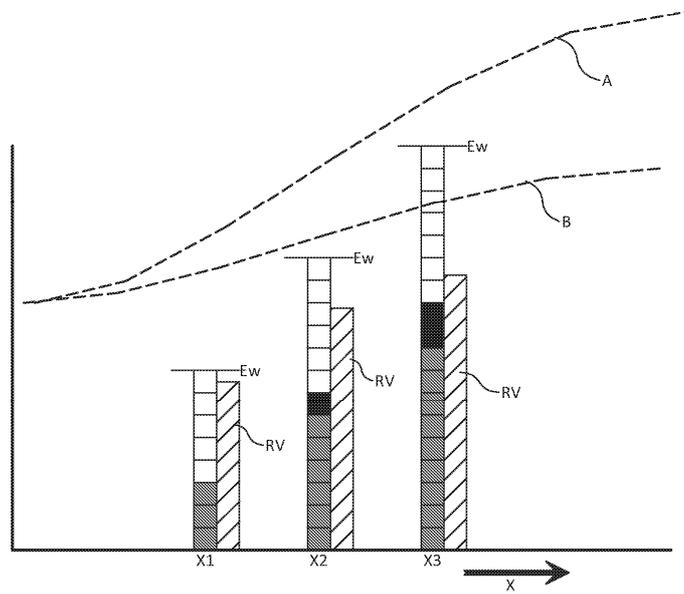
14. Устройство по п.13, отличающееся тем, что прибор снабжен по группам рядом смежных приборов с регулируемым охлаждением и адаптированным к нему контроллером, причем смежные приборы расположены в направлении, поперечном направлению прохождения ламинарного воздушного потока.

15. Устройство по одному или нескольким из пп.12-14, отличающееся тем, что установка для обработки воздуха содержит устройство охлаждения, в частности охлаждающий змеевик, причем устройство охлаждения снабжено коллектором конденсата.

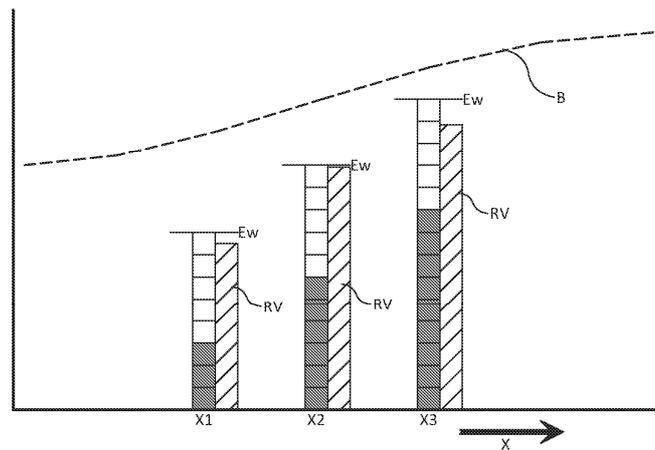
16. Устройство по одному или нескольким из пп.12-15, отличающееся тем, что установка для обработки воздуха способна и выполнена с возможностью поддержания во время работы скорости ламинарного воздушного потока в помещении для выращивания приблизительно 15-100 см/с.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

