

Накормят ли светодиоды Россию овощами?



Линия выращивания салата со светодиодными светильниками AtomSvet BIO в теплицах агрокомбината «Московский» (Москва)

После охватившего светотехнический рынок эйфорического состояния от массового применения светодиодов белого цвета свечения в традиционно «ламповых» осветительных приборах появилось еще одно крайне перспективное направление, в котором вполне можно обойтись без люминофора и серьезной оптики. Поняв, что в дорожном, уличном, промышленном и офисном освещении большинство основных «лакомых» мест уже разыграно, производители решили не обследовать старые «поляны» тщательнее, как это делают грибники, идя по лесу по следам «коллег», приехавших на более ранней электричке, а попробовать найти новые, нетронутые места. Посмотрев однажды на снимки поверхности нашей планеты из космоса, сделанные в ночное время, они заметили уйму светлых пятен, оказавшихся впоследствии освещенными натриевыми лампами тепличными хозяйствами. А почему бы и нет? Более того, после детального изучения процессов фотосинтеза вообще оказалось, что здесь, в освещении растений с целью их интенсивного роста, нужны незаслуженно забытые монохромные светодиоды: красного цвета (на основе арсенида галлия) и синего (подойдут отходы от производства кристаллов InGaN для белых с люминофором). Вот и появилось целое направление в светодиодной отрасли — тепличное освещение. В настоящее время уже имеются первые положительные результаты от его применения у аграриев. Большинство тех производителей, кто расширил парк своей продукции тепличными осветительными приборами, применили самые современные знания о спектральной чувствительности отдельных культур, а производители светодиодов освоили целые линейки приборов для применения в теплицах. Иными словами, рынок тепличного светодиодного освещения (CO) сформировался не только идеологически, потребительски и научно: он уже довольно серьезно подготовлен технически. Мы решили узнать мнения игроков данного рынка о его истинном состоянии, экономической и практической «зрелости». Вместе с участниками виртуального «круглого стола» постараемся сегодня также разобраться в вопросах

внедрения: несмотря на очевидные (на первый взгляд) преимущества, по мнению ассоциации «Теплицы России», ни одно из отечественных, а тем

более зарубежных тепличных хозяйств не имеет промышленно оснащенных СО комплексов — есть только экспериментальные. Выясним, насколько

действительно эффективно СО, способное, в отличие от ламп, формировать необходимый спектр для оптимального роста конкретных культур.

? *Прежние ламповые системы, несмотря на кажущуюся неэффективность с точки зрения их неоптимального спектра излучения для растений, помимо всего прочего, «догревают» теплицы до необходимой температуры за счет большой доли выделяемого ими тепла. Однако светодиодные системы лишены такого эффекта. Не окажется ли необходимость дополнительного нагрева (догрева) теплиц дороже экономии электричества за счет существенно более энергоэффективного СО?*

Денис Малышев,

ООО «Инженерные Системы Автоматизации»

«Догрев» теплиц лампами ДНАТ — сомнительное экономическое преимущество и не самое важное при выращивании растений. Безусловно, светодиодные светильники выделяют тепла в 2–3 раза меньше, чем ДНАТ, но и электроэнергии потребляют на столько же меньше. Применение тепличного СО в крупных агрокомплексах дает экономию электроэнергии в сотни миллионов рублей в год! Да и избыточное тепло от ламп ДНАТ не всегда во благо, т. к. в летний период его необходимо отводить. Так что расходы на возможный «недогрев» теплиц светодиодами в зимний период компенсируются за счет отсутствия необходимости отводить тепло в летний период.

Основное преимущество тепличных светодиодных светильников заключается в излучении только синего и красного спектра света, близкого к спектральной чувствительности хлорофиллов растений. Используя светодиодные светильники, можно точно подобрать мощность каждого спектра для обеспечения ускоренного роста растений и увеличения урожая.

Инновационными изделиями являются светодиодные светильники с плавно изменяемым спектром света, позволяющим регулировать соотношение красного и синего излучения по мере роста растения, корректируя и максимально улучшая такие параметры, как развитие корневой системы и листьев, рост растения, цветение растений, созревание плодов. Такие светильники являются универсальными для теплиц и настраиваются под любые выращиваемые парниковые культуры. Для управления этими светильниками, в т. ч. для крупных агрокомплексов, предлагается единая система контроля и управления,

позволяющая поадресно управлять светильниками по программам роста каждой из выращиваемых культур с любой цикличностью и сезонностью.

Рафаил Тукшаитов, КГЭУ

Дать однозначный ответ на поставленный вопрос на сегодня пока трудно, но предположительно можно. Только результаты сравнительного изучения, причем проведенного на высоком методическом уровне, могут дать ответ в отношении экономической и биологической целесообразности перехода на светодиодную подсветку растений.

Повышению продуктивности тепличных хозяйств при замене обычных натриевых ламп на зеркальные той же мощности способствовали не только подогрев лампой растений, но и повышение освещенности за счет увеличения КПД оптической системы светильника.

Очевидно, повышения эффективности применения самих светодиодных систем можно достичь путем подбора их спектральной характеристики, однако избежать необходимости обогрева растений и грунта, особенно в осенне-зимний период, вряд ли удастся. К этому располагает высказывание одного ведущего специалиста тепличного хозяйства города Казани, согласно которому повышение продуктивности при переходе на натриевые зеркальные лампы достигается за счет повышения температуры грунта на 5–6 °С.

Обычно все внимание специалистов сосредоточено на видимом спектральном диапазоне. Но излучение ламп предназначено не только для «зрительного» аппарата растений, но и для протекания в них сложных биохимических, не до конца изученных процессов. В этом отношении натриевые лампы имеют достаточно интенсивное излучение в области

порядка 830 мкм, которое, может быть, оказывает не только тепловое воздействие. Зеркальные лампы, по существу, перенаправляют эту часть излучения, которая осуществляет обогрев как растений, так и грунта. Все это, естественно, ускоряет процесс созревания продукции. Очевидно, для получения высоких результатов в тепличных хозяйствах необходимо сочетать видимое и ИК-облучение в определенном энергетическом соотношении, предварительно изучив долю воздействия каждого фактора в отдельности. Однако ограниченное финансирование науки еще долгие годы не позволит создать необходимую базу данных.

Михаил Червинский, компания Cree

Безусловно, лампы с невысокой энергетической эффективностью являются вторичным, а иногда и основным источником тепла, который влияет на температурный режим в теплице. Однако в тех случаях, когда этот источник располагается под потолком помещения, излучаемый им тепловой поток не всегда эффективно циркулирует по всему объему, достигая уровня размещения растений. Таким образом, с точки зрения общей энергоэффективности всей теплицы, с учетом системы освещения и отопления, лучшим решением будет размещение отдельного контура отопления на уровне пола и применение правильно спроектированного светодиодного света. Такой подход позволит более точно управлять как уровнем света в теплице, обеспечивая равномерное вызревание, так и тепловым режимом, необходимым конкретным культурам. В случае с натриевыми лампами, выполняющими одновременно функции подсветки и обогрева теплицы, возможны случаи пересыхания грунта и пожелтения растений, находящихся вблизи ламп.



Малышев Денис, руководитель направления фитосветильников, ООО «Инженерные Системы Автоматизации»

Владимир Румянцев, компания «Фокус»

Догревание теплицы электрической энергией — процесс дорогой, так как теплопроводность электричества и газа отличается почти в 10 раз в пользу газа при примерно равных ценах на киловатт и кубометр. Даже с учетом потерь в обоих процессах нагревание объема теплицы с использованием газовой котельной существенно дешевле. При больших объемах теплицы при использовании ДНаТ догревание теплицы происходит на 3–4 градуса, что составляет около 12–15% от общей температуры в теплице. Такое догревание электрической энергией повышает затраты на производство. Но более серьезная проблема — это перегрев растений световым излучением от ДНаТ, что требует увеличения расстояния до листьев растений, т. е. высоты и объема теплицы. Светодиодные светильники с скорректированным спектром потребляют электроэнергию на 50% меньше по сравнению с ДНаТ, а использование конструкции светодиодного светильника с распределенным источником света уменьшает нагревание растения вблизи светильника, что позволяет снижать высоту и объем теплицы и эффективнее применять газовое отопление.

Владимир Пчелин, ООО «Рефлакс»

Светокультура дает теплицам весомую экономическую выгоду, но при этом увеличивает капитальные и эксплуатационные затраты. Основным критерием экономичности для тепличных предприятий выступает рентабельность как показатель соотношения затрат и прибыли от реализации произведенной продукции за определенный период. И свести вопрос экономики при выборе системы освещения только к частным проблемам «догрева» теплиц либо к оптимальному спектру излучения невозможно. Осветительные установки с самым «оптимальным» спектром могут быть далеко не самыми экономичными. Натриевые лампы сегодня позволяют получать высокие урожаи при минимальных затратах не только в России, но и в мире. И это происходит в промышленных масштабах, а не на экспериментальных площадках.

Вадим Дадька, ООО «АтомСвет»

У каждого растения есть своя оптимальная температура выращивания, которую крайне важно соблюдать в условиях закры-

того грунта. Кроме того, эту температуру необходимо регулировать в зависимости от стадии роста растения, особенностей «прикорма», погодных условий, несмотря на его нахождение в теплице. К примеру, при определенных завышенных температурах у растений замедляется фотосинтез и перестают прорастать пыльцевые зерна. В конечном счете, все это влияет на качество выращиваемых культур, коммерческую прибыль и пр. Использование тех или иных осветительных приборов — отнюдь не главный фактор, влияющий на температурный режим в теплице. Более того, современные светильники на основе светодиодов не создают дополнительных «помех» в соблюдении норм и управлении температурным режимом. Ну а если говорить о финансовой выгоде, то она очевидна: светодиоды позволяют сокращать затраты в 2,3–2,5 раза, что является существенной экономией средств и куда большей выгодой по сравнению с призрачными преимуществами «догревания» теплиц за счет светильников старого поколения. К примеру, полная модернизация освещения в крупном тепличном хозяйстве (около 15 линий) будет обеспечивать чистую прибыль порядка 1,1 млн руб. на протяжении каждого вегетативного периода в зимнее время года.

Вячеслав Кушнарв, региональный менеджер ООО «Технологии света» по ЮФО, СЗФО, СКФО и Республике Крым»

Однозначного ответа на этот вопрос нет. Разные предприятия имеют разную специализацию. Одни выращивают только рассаду, другие имеют полный цикл производства. В связи с этим очень отличаются схемы монтажа и проект самой теплицы. Светодиодные светильники позволяют снизить общую высоту теплицы до минимальной за счет уменьшения расстояния между светильником и верхним листом растения. Таким образом, можно снизить общий объем необходимого для обогрева пространства и снизить расходы на отопление.

Леонтий Мельников, начальник технического отдела ООО ТД «НЕОН-ЭК»

Ответ на этот вопрос кроется в правильной оценке затрат тепличных хозяйств на отопление и освещение. В целом маловероятно, что специализирован-



Тукшаитов Рафаил, профессор кафедры «Промышленная электроника и светотехника» Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ)

ные системы обогрева и источники СО «проиграют» по экономике тан-дему лампового освещения и систем обогрева.

У светодиодных источников света, в силу их относительно небольшого разогрева, нет проблемы «близости» с растениями. В результате их можно размещать между рядами или даже в рядах теплиц, что позволяет оптимально использовать весь излучаемый свет от ламп, без опасности термальных ожогов растений.

Лампы в теплицах — это, в первую очередь, источник света, а тепло, выделяемое лампами, — побочный продукт, не в этом их предназначение. И как источники тепла лампы проигрывают специальным отопительным системам.

? В настоящее время достаточно большое количество компаний занимаются производством тепличного СО: по крайней мере, так декларируется ими самими. Однако, как сообщалось ранее, внедрение идет трудно: нет массовости. В таком случае куда реализуются произведенные осветительные приборы? Или, как и во многих случаях, емкие по разновидностям приборов каталожные линейки продукции существуют только на бумаге?

Денис Малышев,

ООО «Инженерные Системы Автоматизации»

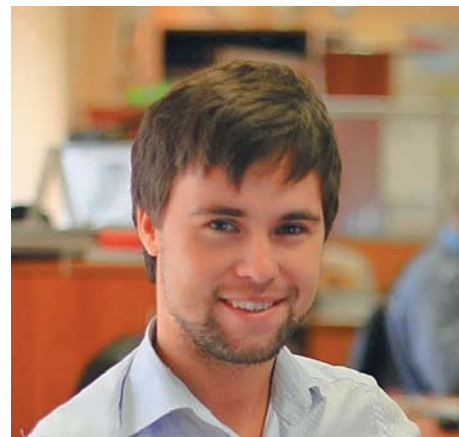
Для начала хотелось бы понять, чем тепличное СО для растений отличается от другого СО. Тепличные светодиодные светильники должны соответствовать по надежности и эффективности промышленному классу СО. Это гарантия 5–7 лет от производителя, расчетное время работы 10 лет, высокая степень защиты, светодиоды со специальным спектром излучения и максимально возможная заявленная агроэффективность. Поэтому стоимость данных светильников достаточно высока.

Эти светильники не являются продуктом массового спроса из-за трудностей сбыта и по ряду объективных причин. Поэтому у компаний-производителей наверняка есть разработанные модели тепличных светильников, но нет смысла тратить ресурсы на производство без конкретного интереса со стороны заказчика/потребителя. А в продаже в основном представлены светильники низкой ценовой категории в соответствующей цене комплектации — недорогие светодиоды и источники питания без данных о спектре светодиодов и других параметрах.

Александр Архипов,

лаборатория «АРХИЛАЙТ»

Вопросы экономической выгоды очень важны для тепличного хозяйства, и поэтому «догреть» теплицы светильниками — это, конечно, оправдание применения «высоких» ламповых технологий в современных тепличных комплексах третьего или четвертого поколения. И то, что светильники «догревают» теплицы, является, скорей, минусом, чем явным плюсом, как его пытаются представить. У светодиодных светильников есть явное преимущество — возможность управления спектром, которое надо грамотно уметь применять. А «догреть» теплицу можно давно понятным и гораздо более эффективным способом.



Червинский Михаил, инженер по применению, компания Cree

Рафаил Тукшаитов, КГЭУ

Очевидно, многие фирмы скорее заявляют о производстве светодиодных тепличных осветителей, учитывая возможности оперативного их создания с разной спектральной характеристикой и мощностью. К этому заключению нас привело наличие единичных публикаций, к тому же выполненных разными авторами, выявленных в материалах всероссийских научных конференций, периодических изданиях, а также при просмотре более полусотни каталогов фирм.

Михаил Червинский, компания Cree

Сама по себе разработка светильника для подсветки растений в простейшем случае может быть реализована путем простой замены или дополнением белых светодиодов (например, серии XT-E, XP-G2) в обычных промышленных светильниках светодиодами с необходимыми длинами волн излучения (например, серии XP-E2 Royal Blue, Photo Red, Far Red).

Масштабные исследования применения электрического освещения для растений проводились еще в эпоху ламп накаливания и газоразрядных ламп, и имеющихся



Румянцев Владимир, компания «Фокус»



Пчелин Владимир, генеральный директор
ООО «Рефлак», кандидат технических наук

данных уже достаточно для того, чтобы можно было сформулировать несколько базовых спектров, обеспечивающих лучшие результаты при решении типовых задач досветки (выращивание зелени, проращивание ростков, томатов, клубники и других культур). Наиболее значимыми на сегодня признаются исследования, проводимые в 70-е годы XX в. учеными Маккри и Инада, которые в своих работах сформировали обобщенный спектр действия фотосинтеза, показавший одинаково высокий результат производительности роста зеленой массы для листьев различных растений. При этом современные отечественные производители сельскохозяйственной продукции не всегда доверяют мировому опыту и начинают собственные исследования. Именно поэтому производители светодиодных светильников вынуждены участвовать в затяжных испытаниях, чтобы подтвердить эффективность и повторяемость результата для предлагаемого решения в реальных условиях.

Есть опыт, когда для таких исследований приходится проектировать специальные светильники т. н. «полного спектра», с возможностью управления различными каналами светодиодов разного цвета для формирования различных спектральных кривых под различные культуры и фазы созревания (вегетативный, регенеративный рост и т. д.). Также появление светодиодов в области подсветки растений вызвало интерес к исследованию влияния цикличности освещения на скорость и качество процессов созревания (имитация циклов день/ночь, изменение спектра естественного освещения во время рассвета/заката и т. д.).

На исследование всех возможностей относительно новой для агробизнеса светодиодной технологии уходит продолжительное время. Есть ряд проектов, которые мы поддерживаем со своими заказчиками, но по ряду вышеописанных причин они пока что находятся на стадии НИР.

Владимир Румянцев, компания «Фокус»

Производство светодиодных светильников для теплиц требует очень серьезного подхода. Основное внимание необходимо обратить на следующее:

- подбор диодов для получения нужного спектра;
- пыле- и влагозащита должна быть не менее IP65;

- удобство монтажа и эксплуатации.

Подбор спектра излучения диодов — основная задача для тепличного СО — к сожалению, к настоящему времени свелся к двум позициям: 450 и 660 нм. Поэтому создается впечатление легкого изготовления светильников. Однако даже в этом случае качественные диоды для нужного спектра дорогие, и не все их используют, предпочитая более дешевые аналоги.

Высокий уровень IP светильнику необходим, так как они работают в условиях повышенной влажности и температуры. Кроме того, присутствует испарение питательных сред, поэтому требуется надежный антикоррозионный корпус.

Удобство монтажа и эксплуатации — необходимое условие для работы светильников в зоне выращивания растений, так как под ними находятся технологические сооружения для обслуживания и сами растения.

Все эти причины приводят к высокой стоимости светодиодных светильников, что, в свою очередь, увеличивает начальные затраты на освещение, хотя затраты на сетевые кабели и на потребление электроэнергии снижаются.

Однако крупные тепличные хозяйства пока не спешат покупать светодиодные светильники, так как им необходима уверенность в получении результата, хотя бы сравнимого с ДНаТ, тем более что повышение затрат на освещение никого не пугает — можно просто увеличить цену на продукцию.

Для получения положительных результатов и реализации примеров использования СО возможно применение его в небольших тепличных хозяйствах, которые могут получить также помощь в рамках агропромышленных программ, действующих в настоящее время.

Владимир Пчелин, ООО «Рефлак»

Мы не видим в этом противоречий. Как известно, люди быстро реагируют на те новшества, которые приносят реальную выгоду их предприятию. Если бы светодиоды были такой «волшебной палочкой», они стояли бы уже в каждом тепличном хозяйстве. Но на практике этого нет, и мы не имеем ни одного примера массового применения светодиодов в промышленных масштабах, которое было бы достаточно успешным. Да и утверждение об экономии электричества, знаменитый «козырь» светодиодов, пока фактически не доказано. Возможно,



Дадыка Вадим, генеральный директор
ООО «АтомСвет»

светодиодные светильники находят основное применение в любительском секторе, так называемый hobby-market, где выращивание растений не является для владельцев средством заработка, а высокая стоимость оборудования и отсутствие экономичности не имеют решающего значения.

Вадим Дадыка, ООО «АтомСвет»

Полагаем, что во многих случаях данные светильники существуют только на бумаге. Количество производителей, тестирующих свои светильники в условиях коммерческих теплиц, невелико, а еще меньше тех, кто добивается положительных результатов и продукция которых пользуется спросом со стороны тепличных хозяйств. Ведь светильник должен не только обладать оптимальным для данной культуры спектром, но и, с учетом его стоимости, обеспечивать максимальную степень экономии электроэнергии. Только оптимальное сочетание трех параметров — спектр, экономичность, цена — обеспечивает светодиодному светильнику конкурентные преимущества перед традиционными светильниками с лампами ДНаТ.

Наша компания уже несколько лет производит светодиодные светильники для тепличного освещения AtomSvet BIO. Их спектр был разработан на основе научно-исследовательских работ, проведенных в Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева (Москва) и Институте биофизики СО РАН (г. Красноярск). К настоящему времени наши светильники прошли успешное тестирование не только в этих организациях, но и в условиях коммерческих теплиц. Это наглядно иллюстрирует один из последних масштабных экспериментов, проведенных специалистами компании «АтомСвет Энергосервис» и агрокомбината «Московский» (Москва). Результаты говорят сами за себя: система освещения на базе светильников AtomSvet BIO обеспечила снижение потребления электроэнергии в 2,5 раза по сравнению со светильниками с лампами ДНаТ; масса салата увеличилась на 14,5%; а уровень нитратов оказался на 47% ниже допустимой нормы. Кроме того, в отличие от салата, выращенного под лампами ДНаТ, листья растения, росшего под СО, более плотные и имеют насыщенный зеленый цвет. Товарный вид салата — свидетельство его свежести и имеет крайне важное значение для всех производителей тепличной зелени.

В настоящее время светильники AtomSvet BIO уже применяются в освещении в агрокомплексе «Весна» — одном из ведущих тепличных хозяйств России, расположенном на юге страны (Ставропольский край). Завершено успешное тестирование светильников в ряде других крупных тепличных хозяйств, в которых будет использоваться наша продукция.

Вячеслав Кушнарв,
ООО «Технологии света»

Полноценно линейку фитоосвещения мы запустили в производство несколько месяцев назад. В течение двух лет мы проводили исследования в этой области совместно с Институтом биотехнологий Южного федерального университета и несколькими тепличными комплексами в ЮФО. В исследованиях и экспериментах основывались на рекомендациях и опыте нашего стратегического партнера — компании OSRAM. Все три серии светильников на 100% существуют в реальности и выпускаются серийно. Мы — одна из немногих компаний, которая предлагает несколько серий светильников для разных целей и задач. Практика показывает, что это правильное решение, каждая серия пользуется спросом и уже нашла свою целевую нишу.

Леонтий Мельников, ООО ТД «НЕОН-ЭК»

Внедрение СО действительно идет достаточно медленно. Причина в этом, по большому счету, одна: цена на светодиодные светильники и светодиоды. Крупные производители светодиодов ориентированы в первую очередь на массовый потребительский рынок — на белый свет, и только в последние несколько лет на рынке цветных светодиодов наметилась тенденция по наращиванию мощностей/объемов производства, в том числе специальных светодиодов, рассчитанных в первую очередь для применения в освещении теплиц.

Что касается светильников и светодиодных модулей, то они уходят по назначению, но потребители этих продуктов, зачастую не спешат раскрывать информацию по своим наработкам в области СО теплиц, т. к. их вложения на этапе НИОКР и «обкатки» спектров и режимов освещения дают им конкурентные преимущества на рынке.



Архипов Александр, руководитель лаборатории «АРХИЛАЙТ»

Александр Архипов,
лаборатория «АРХИЛАЙТ»

Много компаний выпускают светодиодные светильники для применения в системах освещения теплиц, но практически отсутствует проектная часть и практически невозможно угадать, как и с какой целью (для

выращивания каких культур) имеет смысл устанавливать светодиодный светильник в теплице. Производство светильников для роста растений — очень привлекательная задача: большой рынок, значительное потенциальное количество потребителей. Но, несмотря на кажущуюся простоту светодиодного светильника для роста растений, существует

огромная, неподъемная и нерешенная часть: подбор соответствующего спектрального состава, самого оптимального и способного заменить 600-Вт светильник на основе ламп. Несмотря на это, светодиодные светильники для роста растений продаются и приносят хороший доход производителям светотехники и оправданные ожидания растениеводам.

? Несмотря на достаточно большое количество научно обоснованных материалов по эффективности применения досветки растений светодиодами, агрономы-тепличники не спешат применять их повсеместно и переоснащать свои хозяйства. Даже если ими самими экспериментально показано, что при этом сроки созревания культур до коммерческой спелости значительно меньше. На ваш взгляд, это связано с типичным консерватизмом в этой отрасли хозяйства: «быть уверенным в прежнем, но надежном способе» (это же касается и удобрений, почв и пр.), или в отсутствии стабильных результатов, а может быть, с иными причинами?

Денис Малышев,
ООО «Инженерные Системы Автоматизации»

Да, дело в консерватизме и отсутствии опыта применения досветки растений светодиодами в крупных агрокомплексах. Но главная причина, скорее всего, в недостатке исследований эффективности использования светодиодных фитосветильников, серьезных, научно обоснованных заключений на официальном уровне, а также в отсутствии рекомендаций к применению Минсельхозом и институтами, проектирующими агрокомплексы.

Большую роль играет экономическая составляющая. Ламповые системы освещения из-за относительно невысокой стоимости занимают наибольшую часть рынка систем досвета для тепличных хозяйств. Негатива добавляют некачественные китайские светодиодные псевдо-фитолампы и светильники. Также многие производители светодиодных светильников откровенно лукавят, завышая характеристики своей продукции, используя некачественные комплектующие, выставляя непомерно высокие цены в соотношении цена/качество. Такая продукция не только не дает предполагаемого результата, но и не служит долго. Как следствие, хозяйства, которые приобрели такую продукцию, разочаровались в ней и с большой долей вероятности не вернутся к СО.

Мы рекомендуем при выборе тепличных светильников на светодиодах внимательно относиться к заявленным техническим характеристикам, обратить внимание на страну-производителя и наличие светотехнического паспорта,

а также поинтересоваться, брендовые ли светодиоды использованы. Для получения заявленных преимуществ необходимо обязательно заказывать проект освещения с точными расчетами мощности, количества и расстановки светильников. В этом проекте должны быть данные по предполагаемой сравнительной энергоэффективности и урожайности. Замена светильников с лампами ДНаТ на светодиодные тепличные светильники окупается за первые 5–6 месяцев только за счет экономии электроэнергии.

Для изучения влияния светодиодных тепличных светильников на рост растений имеется договоренность с агрокомплексом «Чурилово» (г. Челябинск) о разработке комплексной программы научных исследований с привлечением ведущих институтов страны и светотехнических лабораторий. Агрокомплекс «Чурилово» любезно готов предоставить для этого теплицы.

Рафаил Тукшаитов, КГЭУ

Небольшое применение светодиодных разработок в тепличных хозяйствах, вероятно, связано с недостаточной убедительностью для практики приводимых данных, полученных в различных условиях и недостаточно поддающихся верификации и систематизации. Поэтому руководители растениеводческих и животноводческих хозяйств обычно с большим трудом допускают к проведению разных экспериментов в своих хозяйствах. Их отношение обусловлено не столько консерватизмом, сколько отсутствием достаточного материала, убедительно

подтверждающего наличие высокого экономического эффекта.

По существу, возможности создания светодиодного светильника с самой «изошренной» спектральной характеристикой существенно опережают возможности создания достаточной научной базы их применения. Сам эксперимент настолько многофакторный, что при проведении повторных опытов результаты его статистической обработки могут и не выходить за пределы доверительного интервала.

Михаил Червинский, компания Cree

Как было упомянуто ранее, зачастую применение СО в теплицах требует пересмотра и обновления системы отопления в теплицах. Даже если окупаемость новой системы рассчитана, не все агропредприятия готовы быстро модернизировать свои плантации. Подобная проблема существовала несколько лет назад на рынке промышленного освещения, когда в процессе энергоаудита с целью экономического обоснования перехода на СО выяснялось, что модернизации требует вся энергосистема здания, начиная с банального утепления дверей и окон. Думаю, что увеличение спроса на сельскохозяйственную продукцию отечественных производителей, а также конкуренция между ними в ближайшее время приведет к тому, что лидеры рынка будут повышать энергоэффективность своих теплиц, проектируя их таким образом, чтобы сэкономленная при переходе на светодиодное освещение мощность более эффективно использовалась для поддержания заданного теплового режима растений.

Владимир Румянцев, компания «Фокус»

Тепличное хозяйство — это производство сельскохозяйственной продукции, и, как любому производству, ему нужна стабильность работы для получения гарантированной прибыли. Эксперименты в теплице нужны только для подтверждения стабильности результатов, касающихся конкретного растения и конкретного места. Проведение экспериментальных работ по освещению растений лучше осуществлять в научных учреждениях, однако результаты этих работ могут быть не всегда практичными, так как преследуются цели достижения научного эффекта, написания научных трудов или иное.

Владимир Пчелин, ООО «Рефлекс»

Дело не в консерватизме. Путь от лабораторных исследований до реализации никогда не бывает быстрым. Тот факт, что тепличники не спешат внедрять светодиоды, на самом деле демонстрирует их реалистичный взгляд на проблему. За 7–8 лет, на протяжении которых идет этот процесс, мы так и не увидели чудес, которые нам обещали. В лучшем случае экспериментаторы получают несущественную прибавку производительности или экономию электроэнергии, в худшем — вообще потерю урожая. При этом капитальные затраты настолько сильно возрастают, что в результате предприятие становится абсолютно нерентабельным. Промышленные теплицы не могут себе позволить такие масштабные риски. Главная проблема — отсутствие сегодня отработанных технологий и грамотной агрономии при использовании светодиодов.

Вадим Дадика, ООО «АтомСвет»

Это связано в первую очередь с дороговизной оборудования. Конечно, светодиодные светильники в разы дороже привычных всем ДНаТов, однако консерватизм тепличников и, на первый взгляд, экономия средств играют им не «на руку». Ведь вложив сегодня в современное оборудование, вы уже завтра получаете экономию на электроэнергии, а уже через 3–4 года окупаете все свои затраты. С учетом срока службы светодиодных светильников, который превышает 10 лет, тепличное предприятие не просто экономит, но и получает своеобразную прибыль, которую может вложить в развитие своего бизнеса. С традиционными источниками света получить такую выгоду невозможно.

Вячеслав Кушнарв,
ООО «Технологии света»

Считаю, что основная причина подобных решений, как и любых других решений в принципе, — нежелание принимать ответственность за результаты своей работы. Большинство тепличных предприятий работают в режиме ограниченного бюджета, и каждое подобное масштабное действие в смысле финансирования и объема работ должно приниматься максимально взвешенно. В этом случае мы сталкиваемся со всеми вышеперечисленными проблемами одновременно:

- отсутствие опыта применения светодиодного фитоосвещения в России и нежелание владельцев бизнеса инвестировать в образование и повышение квалификации своих специалистов;

- вытекающий из первой проблемы и консерватизм, и отсутствие стабильных результатов.

Леонтий Мельников, ООО ТД «НЕОН-ЭК»

Главная причина — стоимость светодиодных светильников. На данном этапе для получения меньшего срока окупаемости необходимо применять светодиодные светильники в виде системы досветки, учитывающей как тип культуры, так и долю естественного света, и на базе этих составляющих организовывать досветку, максимально приближенную к естественному свету, с возможностью подстройки спектра в зависимости от времени суток, времени года и этапов развития растений.

Александр Архипов,
лаборатория «АРХИЛАЙТ»

Многие агрономы в сегодняшней ситуации получают огромные сложности с эксплуатацией тепличных хозяйств, дооснащая производства после нескольких лет эксплуатации. И сложность не в установленном светотехническом оборудовании, а в технологии работы теплицы: гидропонике, питающих материалах.

«Коммерческая зрелость» тепличных хозяйств наступает позже, чем хотелось бы, и эксперименты с досветками светодиодными светильниками проводятся на выделенных небольших площадях, а не массово. Вот и получают те стойкие агрономы результат от внедрения СО. Этот процесс идет, и он очень позитивный. Кто-то отказывается от светодиодных светильников, кто-то, наоборот, получает бесценный опыт роста растений с досветкой на их основе.

? *С появлением результатов исследований эффективности досветки растений излучением со спектральным распределением мощности, близким к спектральной чувствительности хлорофиллов растений (что, в отличие от иных источников излучения, со светодиодами можно реализовывать с легкостью), в светотехнику «ворвались» такие понятия, как «микромоль на метр квадратный на секунду», «фотосинтетически активная радиация (ФАР)», «поток фотонов ФАР» и пр. Помимо того, что это явно не светотехнические понятия, никакой связи с последними нет и в соответствующих стандартах. На ваш взгляд, такие «внесистемные» единицы не осложняют светотехникам внимание реализуемых задач, проектирование или разработку светильников и не нужен ли отрасли соответствующий документ (СП, стандарт, другое)?*

Денис Малышев,
ООО «Инженерные Системы Автоматизации»

Новые понятия, такие как PAR, PPF, PPFd, наоборот, облегчают работу по проектированию и разработке светильников

под конкретные задачи. Сложность состоит в том, что производители светодиодов не всегда дают характеристики новых единиц измерений, за исключением нескольких ведущих мировых брендов. Как следствие, используя такие комплектую-

щие, мы не можем дать точные данные излучения светильника по спектральному распределению мощности, крайне важные для выращивания агрокультур. Да и сам потребитель не понимает влияния данных характеристик на урожайность. Массовое

освоение новых понятий и технологий с постановкой задач возможно только при совместной работе светотехников и агрономов. В любом случае, необходимо срочно принимать российские отраслевые нормативы и стандарты на вышеперечисленные единицы измерения.

Рафаил Тукшаитов, КГЭУ

Конечно, введение терминов, размерностей и иных не совсем проработанных показателей только мешает взаимопониманию специалистов разных отраслей. Предлагая растениеводу светотехническое изделие, его прежде всего надо характеризовать общепринятыми светотехническими параметрами, а отраслевые понятия следует приводить только в качестве дополнительных. Это будет в большей степени способствовать привлечению светотехников к разработке осветительных приборов для тепличных хозяйств.

Михаил Червинский, компания Cree

Данных, доступных разработчикам на этапе проектирования светильника для подсветки растений, достаточно для того, чтобы сделать оценочный расчет упомянутых параметров ФАР и поток ФАР (известны базовые спектры светодиодов, их режим и комбинация в светильнике, светораспределение, обеспечиваемое вторичной оптикой, и т. д.). Для наших заказчиков мы предлагаем возможность воспользоваться специальным калькулятором, упрощающим такой расчет с применением светодиодов Cree. В процессе исследования различных источников и комбинаций светодиодов мы пришли к выводу, что лучший результат с точки зрения энергоэффективности ФАР (микромоль/Вт) мы можем получить для светильника с применением обычных белых светодиодов серий XR-L или XHP35, а добавление монохромных составляющих снижает эффективность. Однако, как было упомянуто выше, не все агропроизводители доверяют этой метрике и часто предпочитают для конкретных культур и условий экспериментировать с более сложными спектрами.

Владимир Румянцев, компания «Фокус»

Понятия «микромоль на метр квадратный на секунду», «фотосинтетически активная радиация (ФАР)», «поток фотонов ФАР»

учитывают весь поток в пределах диапазона длин волн 400–700 нм. Если вспомнить график отношения чувствительности растения к длине волны, видно, что ФАР не отражает влияния спектрального состава света на растение. Только осознанное создание необходимого спектра, причем для каждого вида растений, позволит эффективно выращивать продукцию. Для начала нужно разделить ФАР по диапазонам длин волн, как это сделано в «ТКА-Спектр», и определять их влияние на растение. При этом нужно соблюдать условия содержания растения: питание, температуру, влажность, время засветки и др. На основании этих исследований можно создать методику СО для выращивания одного вида растений, а при дальнейшем наборе достоверных статистических данных, учитывающих условия выращивания, например огурцов или томатов, создать и более серьезный документ. Сейчас уже появляются подобные рекомендации для СО, но, как правило, они касаются только собственной продукции.

Владимир Пчелин, ООО «Рефлекс»

Понятие «светотехника» в данном контексте не имеет отношения к растениям. Тот факт, что спектральная чувствительность растений лежит в том же диапазоне, что и спектральная чувствительность глаза, является простым совпадением. В отличие от кривой светочувствительности глаза, которая давно стандартизирована, кривая светочувствительности растений у разных типов разная. И в настоящий момент мы имеем дело с некоторой условной кривой, которая не отражает реального положения дел. Адекватных методов измерения эффективности излучения, которые бы коррелировались с показателями урожайности, до сих пор нет. Начальными шагами, которые сделаны в данном направлении, можно считать внедрение понятий ФАР и мкмоль/с, которые показывают интенсивность излучения. Но для объективной картины этого мало: как минимум, необходимо научиться измерять качество излучения (по аналогии с индексом цветопередачи). Отсутствие четких критериев оценки эффективности светового излучения для растений и единиц его измерения является сдерживающим фактором в развитии тепличного освещения, и

в частности, причиной того, что внедрение светодиодов идет долгим путем проб и ошибок.

Вадим Дадька, ООО «АтомСвет»

Безусловно, стандартизация принесла бы отрасли только пользу, поскольку, как показывает практика других направлений внедрения светодиодной светотехники, она только подчеркивает преимущества светодиодных систем освещения. Но сейчас это преждевременно. Дело в том, что формальный расчет светотехнических параметров светодиодных светильников должен обязательно подкрепляться успешными результатами тестирования, и не только в лабораториях, но и в условиях реальных теплиц. Как показывает практика, только этот путь гарантирует успех разработки нового продукта. И это не только наш опыт, но и мировой. Так, длительность цикла разработки светодиодных систем тепличного освещения, обусловленная необходимостью постоянного тестирования оборудования, признается одной из существенных проблем на пути внедрения систем СО в сельском хозяйстве. Наша компания — одна из немногих не только в России, но и в мире, которая уже преодолела большую часть этого пути, и это — одно из ключевых наших преимуществ на рынке.

**Вячеслав Кушнарев,
ООО «Технологии света»**

В данном вопросе инициатива должна исходить от технологов тепличных предприятий. Они должны понимать, как то или иное излучение может повлиять на потребительские качества растения, его себестоимость, сроки получения урожая. Наше предприятие готово изготавливать светильники с необходимым спектром и мощностью, но, как и в случае с любым новым продуктом, вектор движения задают производители и продавцы, которые, как показывает практика, на данный момент лучше разбираются в этом вопросе. Для светотехника не составит труда сделать правильный расчет в любых единицах, если будет поставлена «правильная» задача от агротехника и дана методика расчета от производителя оборудования.

Леонтий Мельников, ООО ТД «НЕОН-ЭК»

Действительно, есть некоторые «неудобства» в применении вышеуказанных величин, но, имея спектральное распределение мощности излучения, можно относительно просто рассчитать мощность ФАР.

Для этого достаточно использовать метод трапеции для оценки площади, ограниченной спектральной кривой, и по относительно простым формулам перемножить спектральные значения интенсивностей с нужными коэффициентами. При шаге спектра в 1 нм интеграл сводится в обычный ряд суммирования

в пределах 380–800 нм, а сами вычисления можно проводить в EXCEL.

Тем не менее наличие стандарта по измерению и расчету ФАР упростило бы жизнь светотехникам.

Александр Архипов,
лаборатория «АРХИЛАЙТ»

Все время на тепличное освещение все люди, связанные с ним, и агрономы в том числе, обращали внимание в последнюю очередь. Ночное освещение теплиц, досветка и остальные приемы являются

сложными экспериментами для тепличных хозяйств с налаженными стабильными результатами сбора урожая. Все новые способы оценки эффективности светотехнической тепличной установки являются хорошей инициативой передовых аграрных университетов. Введение способов нормировки и разработка циклограмм роста культур является важной задачей для производителей светотехнических устройств и современных тепличных хозяйств. А остальные будут греть теплицы светотехнической установкой и собирать средний урожай, что тоже неплохо.

? Любое применение или внедрение технических средств связано с измерениями их параметров. Однако мало того, что традиционными фотометрическими приборами невозможно напрямую измерить указанные в п. 4 единицы величин, их расчет также представляется не совсем простым. Что вы можете сказать об опыте измерений (расчетов) параметров ФАР, ведь как зарубежный парк измерительных приборов, так и отечественный пополнились специальными для этих целей: например, спектрофотометром «ТКА-Спектр» (ФАР). Или большинство задач по подбору необходимых характеристик осветителей происходит эмпирически (экспериментально) и потому — так долго?

Денис Малышев,
ООО «Инженерные Системы Автоматизации»

Внедрение данной технологии во многом зависит от самих тепличных комплексов и агрономов, тщательного изучения влияния спектров света на культуру и четкое формулирование технического задания для изготовителя тепличного СО. Прогресс не стоит на месте, и под новые реалии, т. е. измерения новых величин, придется приобретать спектрофотометры. А для точной проверки результатов собственных расчетов необходимо проводить замеры в сертифицированных лабораториях, например таких, как «Архилайт», имеющих соответствующую измерительную технику.

Рафаил Тукшаитов, КГЭУ

Техническая задача по измерению спектральных характеристик в определенной степени решена разработкой и выпуском ряда спектрофотометров, в том числе «ТКА-Спектр». Создание базы данных для оптимального подсвета каждого вида растений должно осуществляться не только с целью повышения прироста массы, но и ее биологической ценности, обеспечения экологической безопасности, что является огромной задачей, решение которой должно осуществляться при более глубоком подходе.

Михаил Червинский, компания Cree

К сожалению, ассортимент технических средств, способных быстро производить расчеты ФАР. Помимо спектрофотометра «ТКА-Спектр», мне известен портативный прибор компании ASENSETЕК, он доступен в нашей местной лаборатории, и мы несколько раз использовали его для измерений ФАР прототипов фитосветильников в реальных условиях, чтобы помочь заказчикам подтвердить расчетные результаты. Было бы интересно провести сверку показаний с прибором ТКА. Также у нас есть программное обеспечение, позволяющее по данным измеренного спектра светильника в обычной фотометрической лаборатории сделать оценку параметров ФАР.

Владимир Румянцев, компания «Фокус»

Имеющиеся в обращении спектро-радиометры OL770 или МК350 вполне пригодны для расчета ФАР. Нужно лишь снять показания в цифровом формате, и с использованием известных формул можно рассчитать ФАР отдельного светодиода и светильника в целом. При этом диапазон расчета ФАР можно выбирать произвольно в пределах диапазона измерения спектро-радиометра. Учитывая, что точность измерения спектро-радиометра около 1 нм, то и точность измерения ФАР также высокая. Кроме того, комби-

нируя КСС и ФАР, возможно создавать проекты приближенного распределения ФАР по площади освещения растений. Полученные данные для светильника по спектру и ФАР можно согласовывать с графиком чувствительности растения, но более правильно — с влиянием света на растение, определяемым экспериментальным путем при контроле всех факторов, влияющих на развитие растения.

Владимир Пчелин, ООО «Рефлак»

Для оценки уровня ФАР мы пользуемся широким парком измерительных приборов, в основном импортного производства, одним из аналогов которых является спектрофотометр «ТКА-Спектр». Их развитие не стоит на месте. Если раньше для измерения спектра требовались громоздкие монохроматоры, применение которых было возможно только в лабораторных условиях, то сейчас сложные спектральные измерения и вычисления производятся прибором, помещающимся на ладони. Современные приборы сложнее классических люксметров, и их цена достаточно высока, но они значительно более информативны и удобны в использовании.

Вадим Дадька, ООО «АтомСвет»

Безусловно, при проектировании и тестировании светильников исполь-

зуются расчеты параметров ФАР, причем для каждой культуры — свои. Но, как уже было сказано, никакие расчеты не заменяют необходимости «эмпирики» — тестирования светильников. Хотя заложенные изначально правильные характеристики, специфические для выращивания данной сельскохозяйственной культуры, значительно ускоряют и разработку, и внедрение новой продукции, но цикл внедрения светодиодных тепличных светильников все равно остается длительным.

Вячеслав Кушнарев,
ООО «Технологии света»

Здесь нужно понимать, кто решает эту задачу. Производитель исходит из расчетных параметров. Конечное решение о покупке принимает агро-

техник, исходя из результатов своих замеров параметров освещения и результатов изменений качества растения в процессе применения того или иного оборудования. Поэтому точные приборы для измерения параметров освещения лучше иметь на предприятии заказчика. В этом случае заказчик сможет максимально точно поставить задачу производителю по изготовлению светильника с теми или иными характеристиками.

Александр Архипов,
лаборатория «АРХИЛАЙТ»

С техническими средствами для измерения параметров ФАР все очень сложно. Хотя появляются приборы, специально предназначенные для оценки параметров светотехнической

установки, например ФАР-освещенности в микромоль на метр квадратный в секунду. Однако «черным ящиком» здесь является та самая пресловутая кривая спектральной чувствительности растений, измерение ФАР-освещенности для которой выполняет этот прибор. Различные растения по-разному реагируют на освещение, или, иначе говоря, для разных растений нужен свой спектральный состав. Фактически, это и нужно выяснять и нормировать для получения оптимального результата в виде сотен килограмм, урожая. И в нашей лаборатории проводятся испытания и исследования для разработки проектов ФАР-освещения непосредственно в микромоль на метр квадратный в секунду, радиометрические испытания, спектральные измерения.

? Являясь потребителем тепличной продукции, не измените ли вы свое отношение к ней (и так не самое лучшее по сравнению с впечатлением от овощей с огорода), если будете точно знать, что огурцы, помидоры или зелень на вашем столе выращены не в земле, а методом гидропоники (питание корней растений растворами удобрений без почвы), да еще с применением абсолютно неестественного пурпурного света? Не напоминает ли это «синтетическое будущее» человечества, предсказанное фантастами прошлых веков?

Денис Малышев, ООО «Инженерные Системы Автоматизации»

Отношение к тепличной продукции, выращенной только с применением светодиодных фитосветильников, положительное, так как никаких вредных химикатов, синтетики и пестицидов в спектре света нет.

Рафаил Тукшаитов, КГЭУ

Умеренно употреблять тепличную продукцию уже с новыми биологическими свойствами придется, поскольку нас не спрашивают, поставляя подобную продукцию на рынок. Но надо при этом проявлять умеренность, ибо производство «новых» продуктов высокими темпами существенно опережает возможности оценки последствий их употребления. В науке известен не один случай, когда новые разработки с присуждением Государственной и даже Нобелевской премии выполнены с допущением системных ошибок, которые выявляются и могут быть выявлены только спустя десятилетия.

Михаил Червинский, компания Cree

Для меня лично, как и для многих жителей мегаполисов, томаты, выращенные где-нибудь в Краснодарском крае, в естественных условиях и натуральном грунте, на частном огороде — это деликатес с уникальным вкусом, который мы уже понемногу начали забывать, привыкая к продукции сетевых магазинов. Но «синтетическое будущее» уже наступило, и примером этому может служить значительный (до недавнего времени) поток импорта в нашу страну овощей, произведенных в Голландии именно методом гидропоники, с применением светодиодного освещения и химии, необходимой для длительного сохранения товарного вида продукции.

Владимир Румянцев, компания «Фокус»

Мы уже находимся в «синтетическом настоящем», употребляя продукты питания, в той или иной степени созданные искусственно, поэтому появление нового компонента для выращивания

растений не будет неожиданностью. Уже давно известно применение для тепличного освещения люминесцентных ламп, ДНаТ и других типов источников света. Однако уже первые опыты с СО показали, что растение реагирует на светодиодное излучение химическим составом и наличием вирусов на поверхности. Этот вопрос должен обязательно изучаться, и полученные результаты необходимо использовать для коррекции спектра и временного регламента СО.

Владимир Пчелин, ООО «Рефлекс»

Стоит отметить, что современные тепличные комбинаты, работающие на защищенном грунте, используют оптимизированные методы для выращивания растений, которые невозможно применить в других отраслях аграрного сектора. Вместо «щедрого полива химикатами для защиты от болезней» в теплицах давно используют биологический метод, притом что строгий санитарный контроль позволяет свести к минимуму возможность попадания вредителей и болезнетворных

для растений организмов из внешней среды. Для меня как для потребителя не имеет значения технология выращивания овощей. Важны экологическая безопасность, цена и вкусовые качества продукта.

Вадим Дадыка, ООО «АтомСвет»

Важно не то, как «выглядит» спектр, а то, как условия освещения сказываются на качестве выращенной продукции. И здесь у светодиодов есть важное преимущество перед традиционными лампами ДНаТ. Результаты многих экспериментов, включая и наши, демонстрируют устойчивую тенденцию: продукция, выращенная под светодиодами, выглядит более естественно и натурально, чем выращенная под лампами ДНаТ. Можно сказать, что светодиоды возвращают тепличным овощам их «натуральные» свойства. К примеру, выше уже говорилось о том, что выращенный под нашими светильниками салат имеет лучший товарный вид, чем выращенный под лампами ДНаТ. Так что в данном случае беспокоиться не о чем.

«Щедрый прикорм» растений химикатами в данном случае, настораживает больше, чем досветка светодиодами, чей спектр максимально приближен к кривой фотосинтеза.

Вячеслав Кушнарв,
ООО «Технологии света»

Безусловно, лучше употреблять в пищу экологически чистые натуральные продукты. Но технический прогресс остановить невозможно. Практика показывает, что, с экономической точки зрения подобная технология позволяет максимально снизить себестоимость конечного продукта. Цена в продукте массового потребления всегда имеет решающее значение. Поэтому такие продукты будут всегда занимать большую часть рынка, и отказаться от них полностью весьма проблематично. Предполагаю, что отрасль разделится на продукты массового потребления с низкой ценой и «технологическим процессом производства» и продукты «премиум»-класса с высокой стоимостью «натурального» происхождения.

Александр Архипов,
лаборатория «АРХИЛАЙТ»

Если посмотреть на теплицы, их техническое развитие, или на то, как выращивают овощи в районах с высокой степенью урбанизации (например, в Японии), то можно сказать, что там это синтетическое будущее уже наступило. Но продолжительность жизни в этих странах очень высокая. Так что в будущем нам «грозит» долгая жизнь от качественных, сбалансированных, полезных овощей и фруктов, что очень радует. Возможность управлять ростом растений с помощью питающих материалов, гидропоники и светодиодных светильников дает человечеству более качественные продукты и позволяет оптимизировать площади для роста необходимых культур.

Сегодня в этих странах способны вырастить практически в полтора раза больший урожай в подвале или на крыше здания, чем великие агрономы и бизнесмены в богатой России на ее необъятных открытых просторах. Однако самый важный вопрос, который почему-то не задают, состоит именно в том, что выросло и насколько это полезно? ●