

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.115.11; 635.037; 631.589.2

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-24-31

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ
В ГОРОДСКОМ ФЕРМЕРСТВЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ****ЕРОХИН МИХАИЛ НИКИТЬЕВИЧ**, академик РАН, д-р техн. наукn.erohin@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6573-0950>**СКОРОХОДОВ ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ**✉, канд. техн. наук, старший преподавательd.skorokhodov@rgau-msha.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-6315-4184>**СКОРОХОДОВА АНАСТАСИЯ НИКОЛАЕВНА**, канд. биол. наук, старший преподавательred-green216@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5451-810X>**АНИСИМОВ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ**, ассистент

alanis152@mail.ru

ПОТЁМКИН РОМАН АЛЕКСЕЕВИЧ

P8070070@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Аннотация. В статье рассмотрены современные устройства для выращивания растений в городских условиях. Значительным недостатком этих устройств является отсутствие возможности модульного проектирования. Проведен анализ существующих средств и методов автоматического контроля и управления в условиях систем интенсивного культивирования. Отмечается, что на рост растений в сити-фермах, помимо технологических факторов, оказывают влияние параметры установок, разнообразность культур и сортов и прочие факторы. Для обеспечения условий микроклимата в пределах агротехнических требований для каждой культуры необходимо отдельно разрабатывать технологию возделывания в сити-ферме с внедрением специальных установок для выращивания, основывающихся на проектных расчетах. Для технологического совершенствования систем сити-фермерства необходимы разработка и совершенствование систем автоматического полива, внесения удобрений и регуляторов роста, контроля за функциональным состоянием растений в режиме online, сбора урожая и контроля его качества. Важным направлением развития является модульное проектирование таких устройств, которое значительно снизит объем конструкторских работ и сократит сроки проектирования, повысит качество и надежность оборудования вследствие предварительной отработки унифицированных узлов и технологии их изготовления. При организации серийного производства модулей сократятся сроки сборочных работ, затраты на освоение машин и линий, что существенно снизит себестоимость оборудования. Авторами высказано мнение о том, что формирование технических систем модульного принципа проектирования, сбалансированных по компонентному составу и производительности конкретных элементов технологических блоков, обеспечит максимальную эффективность производства востребованных видов растительной продукции в условиях городской среды.

Ключевые слова: сити-ферма, проектирование, модульное проектирование, установки для выращивания растений.

Формат цитирования: Ерохин М.Н., Скороходов Д.М., Скороходова А.Н., Анисимов А.А., Потемкин Р.А. Анализ современных устройств выращивания растений в городском фермерстве и перспективы его развития // Агроинженерия. 2021. № 3 (103). С. 24-31. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-24-31.

© Ерохин М.Н., Скороходов Д.М., Скороходова А.Н., Анисимов А.А., Потемкин Р.А., 2021



ORIGINAL PAPER

**ANALYSIS OF USING MODERN PLANT CULTIVATION UNITS IN CITY
FARMING AND ITS DEVELOPMENT PROSPECTS****MIKHAIL N. EROKHIN**, Full Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Eng), Professorn.erohin@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6573-0950>**DMITRY M. SKOROKHODOV**✉, PhD (Eng), Senior Lecturerd.skorokhodov@rgau-msha.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-6315-4184>**ANASTASIA N. SKOROKHODOVA**, PhD (Eng), Senior Lecturerred-green216@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5451-810X>

ALEKSANDR A. ANISIMOV, Assistant Professor

alanis152@mail.ru

ROMAN A. POTEKIN

P8070070@yandex.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49

Abstract. City farming is a modern area of agriculture. It is currently becoming more and more promising due to the growing proportion of the population living in large cities. The successful development of city farms largely depends on the improvement of its technical systems and modular devices, in which a microclimate is created that ensures the rapid growth of crops without the use of plant protection chemicals. The modern devices for growing plants in an urban environment are discussed in the papers. The authors consider some factors influencing the growth of plants under the conditions of an intensive cultivation system, the main of them including: technological, plant parameters, ambient temperature, air humidity, and lighting. To ensure the necessary microclimate conditions within the agrotechnical requirements for various crops in industrial and personal city farms, modern means and methods of automatic control and management are should be installed. To ensure microclimate conditions within the agrotechnical requirements for each crop, it is necessary to separately develop a cultivation technology in a city farm with the introduction of special implements for cultivation based on design analysis. To ensure the technological improvement of city farming systems, it is necessary to develop and improve systems for automatic irrigation, application of fertilizers and growth regulators, monitoring the functional state of plants online, harvesting and controlling its quality. An important area for the development is the modular designing of such devices, which will significantly reduce the amount of design work and shorten the design time, increase the quality and reliability of equipment due to the preliminary development of unified units and their manufacturing technology. When organizing the serial production of modules, the terms of assembly work, the cost of manufacturing machines and lines will be reduced, which will significantly reduce the cost of equipment. The authors conclude that the formation of modular-designed technical systems, balanced in terms of the component composition and productivity of specific elements of technological blocks will ensure the maximum efficiency of the production of demanded types of plant products in an urban environment.

Key words: city farming, designing, modular designing, modules for growing plants.

For citation: Erokhin M.N., Skorokhodov D.M., Skorokhodova A.N., Anisimov A.A., Potemkin R.A. Analysis of using modern plant cultivation units in city farming and its development prospects. *Agricultural Engineering*, 2021; 3 (103): 24-31. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-24-31.

Введение. Урбанизация – это глобальный тренд и глобальный «риск» для продовольственной безопасности [1]. Распространение урбанизированного производства (сити-фермерство) в XXI в. является перспективным направлением развития мирового агропроизводства, что связано с ростом численности населения. По данным ООН, население Земли увеличится к 2050 г. с нынешних 7,6 млрд чел. до 9,8 млрд чел., а к 2100 г. достигнет 11,2 млрд чел., несмотря на снижение общего уровня рождаемости¹.

Данные Росстата² показывают, что численность городского населения Российской Федерации постоянно увеличивается (рис. 1).

В 2020 г. общая численность населения РФ составила 146,7 млн чел., и только 25% от общего населения составляют сельские жители. Такое уменьшение численности сельского населения РФ во многом связано с его стремлением улучшения жизненных, социальных, экономических и других условий. Люди переезжают в крупные города в поисках работы с более высоким уровнем заработной платы. К примеру, численность городского населения в Московской области в 2020 г. почти в 5 раз превысила численность сельского населения. Такое уменьшение численности сельского населения может привести к сокращению сельскохозяйственного производства

В связи с вышесказанным актуальным является такое направление развития, как сити-фермерство, так как городское население постоянно нуждается в свежей витаминной сельскохозяйственной продукции (базилик, салат, мята, мелисса, руккола, шпинат, горчица салатная, земляника и другие культуры). Решение данной проблемы возможно путем развития и совершенствования городского сельского хозяйства.

Большинство городских ферм, даже если они в основном ориентированы на получение прибыли, как правило, либо имеет важный социальный или образовательный компонент (особенно на Глобальном Севере), либо поддерживается для натурального производства (особенно на Глобальном Юге) [2].

Сити-фермерство – актуальное направление развития не только в крупных городах, но и на тех территориях, где в течение года преобладают пониженные температуры, вследствие чего постоянное выращивание витаминной продукции в открытом грунте невозможно. Соответственно решение данной проблемы возможно путем создания современных сити-ферм с технологиями выращивания различных культур и с оптимальными технологическими параметрами.

В 2020 г. человечество столкнулось с пандемией, в результате которой жители многих городов оказались в изоляции и нуждались в свежей и качественной витаминной продукции, которую можно выращивать в городских условиях. Это еще раз доказывает актуальность развития сити-ферм.

¹ ООН: население Земли к 2050 году превысит 9,8 млрд человек. URL: <http://tass.ru/obschestvo/4357817>.

² Федеральная служба государственной статистики. Демография. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>.

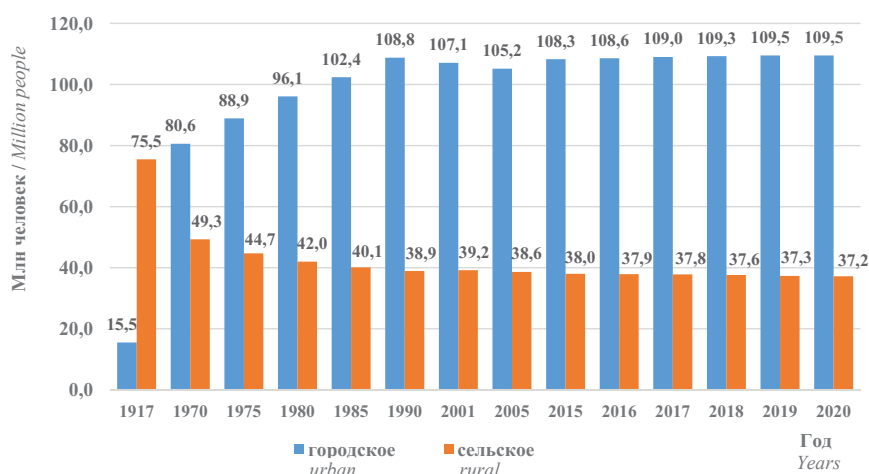


Рис. 1. Численность населения Российской Федерации

Fig. 1. The population of the Russian Federation, million people

Городское фермерство находит наибольшее применение в занятости людей пенсионного возраста. Кроме того, сити-фермы могут быть активно внедрены в учебный процесс – как для школьников, так и для студентов высших учебных заведений. Компактные автоматизированные системы выращивания растений позволят учащимся проводить собственные эксперименты, что расширит возможности проектной деятельности обучающихся.

Сити-фермерство активно развивается во многих странах мира, одновременно с чем становится перспективной такая специальность, как сити-фермер. Уже сегодня специалисты в этой области требуются во многих странах с предложением им высокой заработной платы. Такие специалисты должны полноценно обеспечивать работу сити-ферм, в том числе уметь проектировать надежные и высококачественные установки для выращивания растений, проверять качество их систем, узлов и механизмов. В связи с этим специалисты в таких областях, как «Агроинженерия», «Физиология растений», «Овощеводство защищенного грунта», «Биотехнология», «Управление качеством», являются необходимыми как квалифицированные кадры в сити-фермерстве.

Цель исследований: анализ современных принципов проектирования систем интенсивного культивирования растений в условиях городского сельского хозяйства.

Материал и методы. Анализ средств технического оснащения сити-ферм, используемых в Российской Федерации и за рубежом, осуществлен на основе научных статей и аналитических обзоров. Исходная информация при проведении исследований обработана экспертно-аналитическим методом.

Результаты и обсуждение. Анализ современных сити-ферм показал, что их развитие идет по двум направлениям: личное и промышленное сити-фермерство.

Под личным сити-фермерством подразумевают такие системы выращивания растений, в которых отдельный человек принимает непосредственное участие в процессе выращивания растений, удовлетворяя свои личные потребности, проживая в городе и не имея возможности круглогодично выращивать растения на личном приусадебном или дачном участках.

Промышленное сити-фермерство связано с ведением бизнеса и получением прибыли от продажи выращенных

растений. В этом случае процесс выращивания растений требует максимальной автоматизации и роботизации.

Анализ современных устройств для выращивания растений в городских условиях показал, что на сегодняшний день существуют различные варианты установок (рис. 2).

В Эстонии разработана система «Умный сад» (рис. 2а), применяемая для выращивания декоративных растений в домашних условиях, включающая в себя бак для воды, субстрат для выращивания растений, светодиодную лампу, датчик контроля уровня воды. Также к этой системе есть приложение для смартфона, на которое поступает информация о необходимости долива воды в бак.

В США разработана установка *Tower Garden* («Садовая башня») предназначенная для выращивания овощных, ягодных или цветочных культур в домашних и тепличных условиях, изготавливаемая из экологически чистого пластика (рис. 2б). Принцип действия данной установки основан на продуктах разложения органических остатков, то есть в центральную колонну помещают биологические отходы, которые со временем перегнивают и тем самым служат органическим удобрением для выращиваемых растений. Недостатком установки является наличие неприятного запаха, связанного с разложением органических отходов.

Установка *Vertical farming aeroponic* (рис. 2с) разработана в Китае. Её особенностью является постоянная циркуляция питательного раствора, осуществляемая при помощи насоса. Это предотвращает развитие водорослей на стенках установки, негативно влияющих на процесс роста растений.

Ферма *Fibonacci* (рис. 2д) является российской разработкой, представляет собой замкнутые системы («климатические камеры»), включает в себя множество датчиков контроля и управляется через современное программное обеспечение.

Установка *Growbox* (Германия) предназначена как для жилых, так и для нежилых помещений (рис. 2е). Она потребляет минимальное количество электроэнергии. Установки данного типа бывают как автоматизированными, так и неавтоматизированными.

Модульная климатическая камера (рис. 2ф) разработана в ФНАЦ ВИМ [3] в целях научно-практического изучения особенностей выращивания растений в подобных устройствах. Кроме того, в данной установке может быть

исследовано влияние качества света на рост и развитие различных сельскохозяйственных культур.

Существуют установки по выращиванию растений, которые разработаны в виде многоуровневых систем (рис. 2г, 2h). Их особенность заключается в экономии пространства и возможности получения большего объема выпускаемой продукции на единицу полезной площади.

Рассмотренные установки для выращивания растений (рис. 2) имеют значительный недостаток, заключающийся в отсутствии возможности модульного проектирования

таких устройств. Разработка модульных систем выращивания растений обеспечит существенный выигрыш в гибкости этого производства и его экономической эффективности.

Анализ выращивания растений в тепличных условиях (промышленное сити-фермерство) и личных подсобных хозяйствах (личное сити-фермерство) позволил выявить основные факторы, оказывающие влияние на процесс выращивания растений. К ним относятся технологические факторы, параметры установки, разнообразие культур и сортов и пр. (рис. 3).

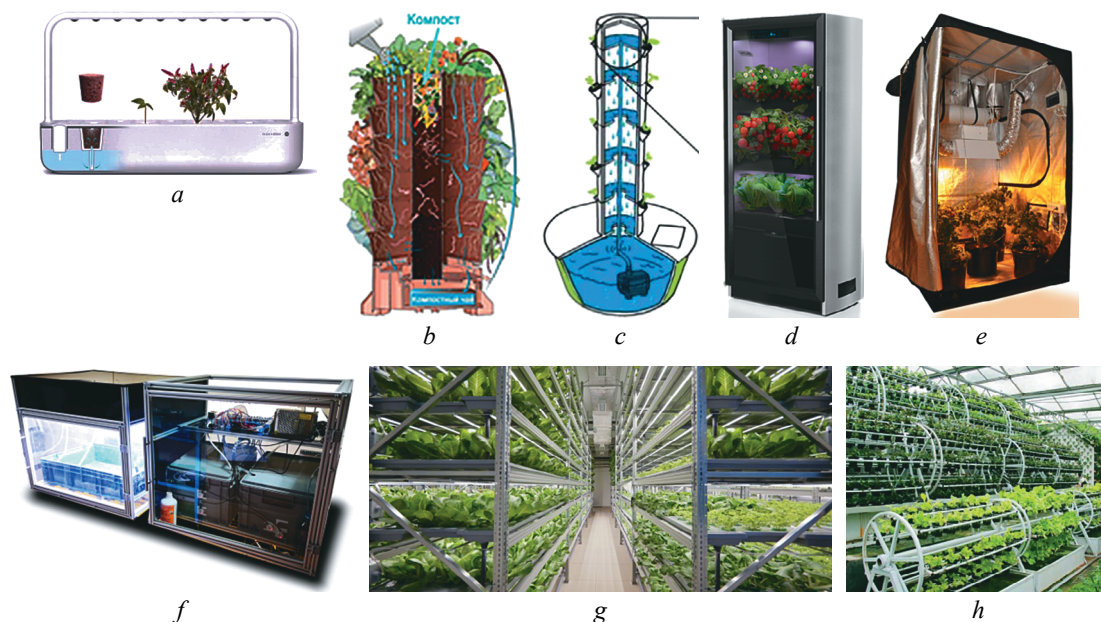


Рис. 2. Современные установки для выращивания растений:
a) Click & Grow; b) Tower Garden; c) Vertical farming aeroponic; d) Fibonacci; e) Grow box;
f) модульная климатическая камера; g) iFarm; h) rotating system

Fig. 2. Modern installations for growing plants:
a) Click & Grow; b) Tower Garden; c) Vertical farming aeroponic; d) Fibonacci; e) Growbox;
f) Modular climate chamber; g) iFarm; h) rotating system

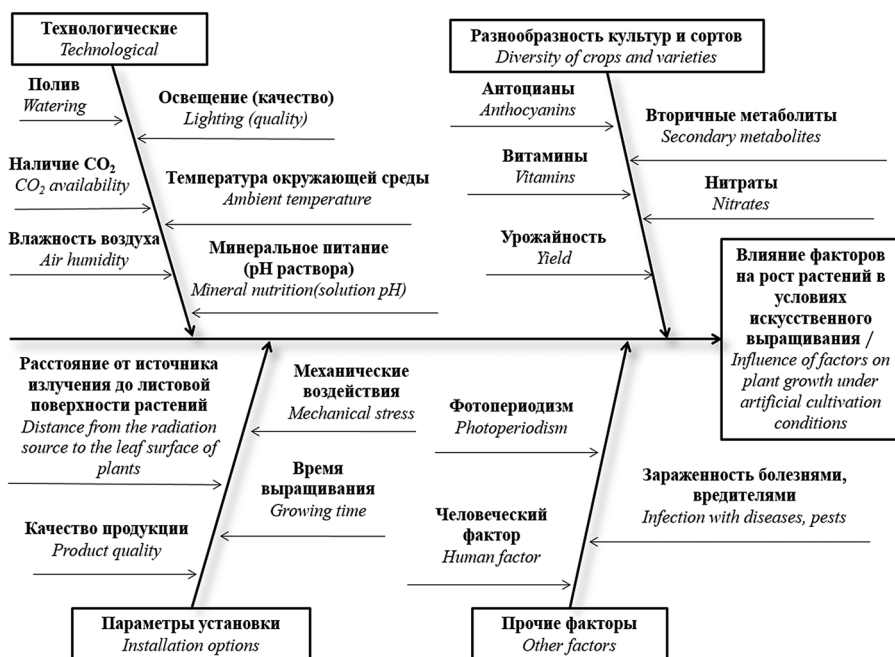


Рис. 3. Факторы, влияющие на рост растений в условиях системы интенсивного культивирования

Fig. 3. Factors affecting plant growth under conditions of intensive cultivation system

Изучение влияния отмеченных факторов осуществляется в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева совместно с Федеральным научным агроинженерным центром ВИМ. Для обеспечения необходимых условий микроклимата в пределах агротехнических требований для различных культур в промышленных и личных сити-фермах устанавливают современные средства и методы автоматического контроля и управления.

Поддержание температуры окружающей среды в тепличных условиях в основном осуществляется естественной вентиляцией [4]. Для поддержания температуры в теплицах применяют фрамуги. Для закрытия и открытия фрамуг используют ручной, механический или гидравлический приводы. В основном применяют механические фрамуги, снабженные электрическим приводом (рис. 4), так как они легко поддаются автоматизации и имеют более низкую стоимость.

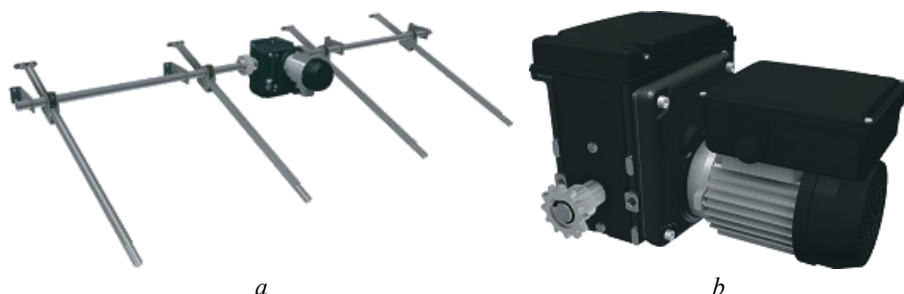


Рис. 4. Привод фрамуг в теплицах:

a – электропривод фрамуг; b – мотор-редуктор RW45

Fig. 4. Drive of transoms in greenhouses:

a – electric drive; b – RW45 geared motor

Для управления системой вентиляции в тепличных условиях используются приводы серии RW45. Данный привод включает в себя мотор-редуктор, имеющий червячную передачу с самоторможением; ременную передачу, предназначенную для опускания и подъема фрамуг; блок позиционирования RPU Positioning Unit для отслеживания текущего положения системы привода и отправления данных на компьютер или контроллер климат-контроля.

Степень вентиляции и воздухообмена в теплицах во многом зависит от скорости подъема и опускания

приводом фрамуг, а также от скорости и направления наружного ветра и постоянного контроля наружной температуры.

В закрытых теплицах, которые чаще всего расположены в подвальных помещениях, в качестве поддержания микроклимата при выращивании растений целесообразно использовать рекуператоры (рис. 5). Такие системы необходимо рассчитывать под определенное помещение, с учетом его площади, работы в определенных температурах, разновидности выращиваемой культуры и других факторов.

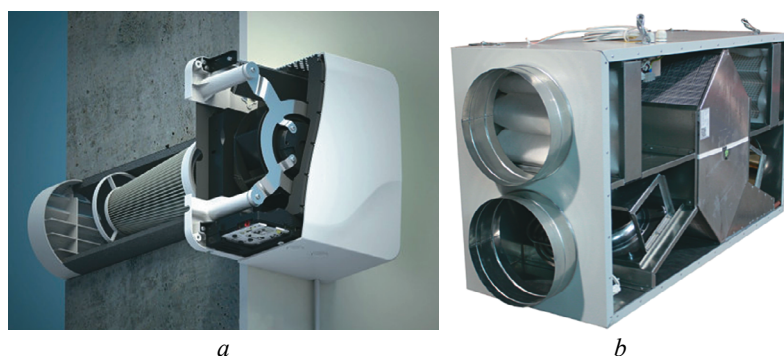


Рис. 5. Виды рекуператоров:

a – Tion Бризер Lite Eco; b – Благовест ФЬОРДИ ВПУ-CF-500/3-230/1 EC-H-GTC

Fig. 5. Types of wasteheat exchangers:

a – Tion Breezer Lite Eco; b – Blagovest FJORDI VPU-CF-500/3-230/1 EC-H-GTC

Важным фактором, влияющим на рост растений в условиях систем интенсивного культивирования, является абсолютная и относительная влажность воздуха. Для разных культур оптимальные значения данного показателя варьируются от 40 до 90%. Контроль влажности воздуха осуществляется при помощи встраиваемых датчиков, которые хорошо поддаются автоматизации. Для поддержания влажности воздуха в тепличном хозяйстве используют систему форсунок, которую также применяют для борьбы

с болезнями и вредителями [5]. Существуют автоматизированные спринклерные системы, управляемые при помощи пульта и осуществляющие не только равномерный полив растений, но и обработку их инсектицидами и фунгицидами, что позволяет избежать попадания вредных веществ на кожу и слизистую оболочку человека (рис. 6).

Влияние качества света играет особую роль в формировании урожая растений, выращиваемых в системах интенсивного культивирования.



Рис. 6. Подвижная верхняя спринклерная система

Fig. 6. Movable top sprinkler system

Для тепличных растений в летний и поздний весенний периоды применяют, как правило, естественное освещение; в осенний, зимний и ранний весенний периоды применяют естественное освещение с дополнительным искусственным освещением (досвечиванием); при полном отсутствии естественного света используют только искусственное освещение.

В качестве искусственного освещения применяются современные светодиодные лампы. Основными достоинствами светодиодного освещения являются малое потребление электроэнергии, низкое тепловыделение, не снижающее влажность воздуха в теплице, возможность варьирования спектрального состава света для различных культур и автоматическое управление.

Использование светодиодного освещения позволяет собрать светильник такого спектрального состава (рис. 7), который максимально удовлетворил бы потребность растений в световой энергии [6].

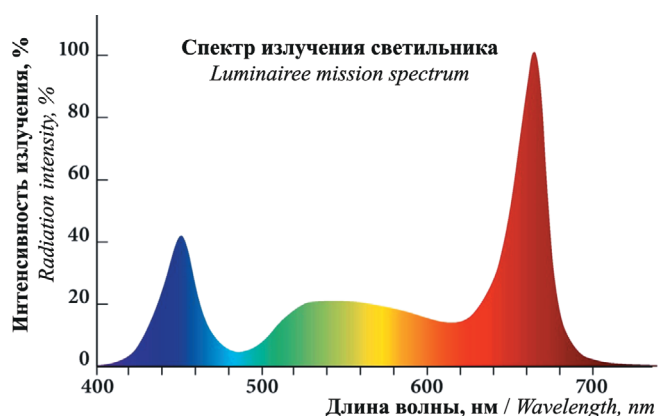


Рис. 7. Зависимость интенсивности излучения от длины волны

Fig. 7. Relationship between the radiation intensity and the wavelength

Световая энергия в процессе фотосинтеза перед преобразованием в химическую должна быть поглощена пигментами — хлорофиллами и каротиноидами. При этом пигменты поглощают свет в диапазоне видимой части спектра, называемой фотосинтетически

активной радиацией (ФАР, 380...720 нм). Фотосинтетические пигменты поглощают видимый свет избирательно. Важнейшая особенность спектра поглощения хлорофилла *a* и *b* — это наличие у них двух выраженных максимумов: в красной области — 660...640 нм, в сине-фиолетовой — 430...450 нм. Каротиноиды (ксантофиллы и каротины) поглощают свет только в сине-фиолетовой части спектра [6].

Автоматизация всех систем при выращивании растений в искусственных условиях [7] на сегодняшний день является основным научно-техническим направлением, что в свою очередь развивает роботизацию. Перед современными сити-фермерами стоят задачи автоматизации и роботизации полива растений, обработки их от болезней и вредителей, приготовления и внесения питательных смесей.

Сити-ферма будущего — полностью автономная система с минимальным вмешательством со стороны человека. Для этого необходимо решить ряд технических задач: во-первых, разработать системы автоматизированного контроля за функциональным состоянием растений, позволяющими максимально быстро реагировать на малейшие изменения в его организме и корректировать систему выращивания (полив, освещение, температуру и т.д.); во-вторых, минимизировать контакты между человеком и растением. Идеальная сити-ферма — та, в которую человек загружает семена растений, а на выходе получает готовую продукцию.

Сегодня имеются роботы, которые осуществляют полив растений без участия человека; роботы, которые оценивают степень спелости ягод земляники и осуществляют их сбор; роботы, перемещающие растения в пределах теплицы (рис. 8).

Применяемое оборудование (датчики освещения, температуры, влажности, контроля качества, промышленные роботы, приводы и др.) [8, 9] в сити-фермах в основном является импортным и дорогостоящим. Необходимо отказываться от зарубежных поставщиков оборудования для сити-ферм, чтобы снизить стоимость доставки и увеличить его качество. Для этого необходимо разрабатывать российские устройства, датчики и детали для сити-ферм. Контролировать качество изготавливаемых деталей для сити-ферм можно при помощи современных методов и средств контроля качества сельскохозяйственных изделий [10].

Для каждой культуры необходимо отдельно разрабатывать технологию возделывания в сити-ферме с внедрением специальных установок для выращивания, основывающихся на проектных расчетах по поддержанию микроклимата в тепличных условиях. Важным направлением развития является модульное проектирование таких устройств. Это позволит формировать сборочное оборудование, которое значительно снизит объем конструкторских работ и сократит сроки проектирования, повысит качество и надежность оборудования вследствие предварительной отработки унифицированных узлов и технологий их изготовления. При организации серийного производства модулей сократятся сроки сборочных работ, затраты на освоение машин и линий, что существенно снизит себестоимость оборудования.



Рис. 8. Применение промышленных роботов в сити-фермах:
а – полив; б – определение спелости урожая; с – сбор урожая

Fig. 8. Application of industrial robots by city farms:
a – watering; b – determination of the crop ripeness; c – harvesting

Выводы

1. На рост растений в сити-фермах влияют технологические факторы (влажность, температура, освещенность, наличие CO_2 , температура окружающей среды, влажность воздуха, минеральное питание), параметры установок (расстояние от источника излучения до листовой поверхности растений и механическое воздействие, время выращивания, качество продукции), разнообразность культур и сортов (антоцианы, витамины, урожайность, вторичные метаболиты, нитраты) и такие факторы, как фотопериодизм, зараженность болезнями, вредителями, а также человеческий фактор.

2. Формирование технических систем модульного принципа проектирования, сбалансированных по компонентному составу и производительности конкретных элементов технологических блоков, обеспечит максимальную эффективность производства востребованных видов растительной продукции в условиях городской среды.

3. Для технологического совершенствования систем сити-фермерства необходимы разработка и совершенствование систем автоматического полива, внесения удобрений и регуляторов роста, контроля за функциональным состоянием растений в режиме online, сбора урожая и контроля его качества.

Библиографический список

1. Руткин Н.М., Лагуткина Л.Ю., Лагуткин О.Ю. Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Рыбное хозяйство». 2017. № 4. С. 95-108. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-95-108.
2. Измайлов А.Ю., Дорохов А.С., Гришин А.П. и др. Замкнутые цифровые искусственные агроэкосистемы в овощеводстве. М.: ФНАЦ ВИМ, 2020. 184 с.
3. Hallett S., Hoagland L. and Toner E. (2016). Urban Agriculture: Environmental, Economic, and Social Perspectives. In Horticultural Reviews Volume 44, J. Janick (Ed.). URL: <https://doi.org/10.1002/9781119281269.ch2>.
4. Рыкова А.Н., Арищенко П.А., Костенецкий В.А. Технологическое оборудование. Оптимизация микроклимата в теплицах // Гавриш. 1998. № 3. С. 18-22.
5. Панов А.И., Алдошин Н.В., Бердышев В.Е. и др. Земледельческая механика: Учебное пособие. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020. 91 с.
6. Prikupets L.B., Boos G.V., Terekhov V.G. et al. Optimization of lighting parameters of irradiation in light culture of lettuce plants using LED emitters // Light & Engineering, 2019; 27 (5): 43-54. DOI: 10.33383/2019-063.
7. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф. и др. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 80 с.

Reference

1. Rutkin N.M., Lagutkina L.Yu., Lagutkin O.Yu. Urbanized agricultural production (city-farming) as a promising area of the development of world agricultural production and a way to improve the food security of cities. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya "Rybnoe khozyaystvo"*, 2017; 4: 95-108. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-4-95-108. (In Rus.)
2. Izmaylov A.Yu., Dorokhov A.S., Grishin A.P. et al. Zamknutyie tsifrovyye iskusstvennyye agroekosistemy v ovoshchevodstve [Closed-type digital artificial agroecosystems in vegetable growing]. Moscow, FNAC VIM, 2020: 184. (In Rus.)
3. Hallett S., Hoagland L. and Toner E. (2016). Urban Agriculture: Environmental, Economic, and Social Perspectives. In Horticultural Reviews Volume 44, J. Janick (Ed.). URL: <https://doi.org/10.1002/9781119281269.ch2>.
4. Rykova A.N., Arishchenko P.A., Kostenetsky V.A. Tekhnologicheskoe oborudovanie. Optimizatsiya mikroklimata v teplitsakh [Technological equipment. Optimization of microclimate in greenhouses]. *Selection and seed-growing firm "Gavrish"*, 1998; 3: 18-22. (In Rus.)
5. Panov A.I., Aldoshin N.V., Berdyshev V.E. et al. Zemledel'cheskaya mekhanika: Uchebnoe posobie [Agricultural Mechanics (Study Manual)]. Moscow, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2020: 91. (In Rus.)

8. Алдошин Н.В., Мосяков М.А. Обеспеченность технологий обработки почвы интеллектуальными средствами и методами контроля // Доклады ТСХА. 2020. Вып. 292. Ч. 1. С. 396-400.

9. Гольяпин В.Я., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф. и др. Инновационные технологии и сельскохозяйственная техника за рубежом. Аналитический обзор: Монография. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 172 с.

10. Skorokhodov D., Krasnyashchikh K., Kazantsev S. et al. Theory and methods of means and modes selection of agricultural equipment spare part quality control // In the collection: Engineering for rural development. 2020: 19:1140-1146. DOI:10.22616/ERDev.2020.19.TF274.

6. Prikupets L.B., Boos G.V., Terekhov V.G. et al. Optimization of lighting parameters of irradiation in light culture of lettuce plants using LED emitters. *Light & Engineering*, 2019; 27 (5): 43-54. DOI: 10.33383/2019-063.

7. Golubev I.G., Mishurov N.P., Fedorenko V.F. et al. Tsifrovye resheniya pri tekhnicheskoy servise sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Digital solutions for technical service of agricultural machinery]. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotekh", 2020: 80. (In Rus.)

8. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A. Obespechennost' tekhnologiy obrabotki pochvy intellektual'nymi sredstvami i metodami kontrolya [Enriching soil cultivation technologies with intellectual means and control methods]. *Doklady TSKhA*, 2020; 292(1): 396-400. (In Rus.)

9. Golyapin V.Ya., Mishurov N.P., Fedorenko V.F. et al. Innovatsionnye tekhnologii i sel'skokhozyaystvennaya tekhnika za rubezhom. Analiticheskiy obzor: Monografiya [Innovative technologies and agricultural machinery used abroad. Analytical review (monograph)]. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotekh", 2020: 172. (In Rus.)

10. Skorokhodov D., Krasnyashchikh K., Kazantsev S. et al. Theory and methods of means and modes selection of agricultural equipment spare part quality control. *In the collection: Engineering for rural development*. 2020: 19:1140-1146. DOI:10.22616/ERDev.2020.19.TF274.

Критерии авторства

Ерохин М.Н., Скороходов Д.М., Скороходова А.Н. Анисимов А.А., Потемкин Р.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Ерохин М.Н., Скороходов Д.М., Скороходова А.Н. Анисимов А.А., Потемкин Р.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 19.04.2021

Одобрена после рецензирования 29.04.2021

Принята к публикации 29.04.2021

Contribution

M.N. Erokhin, D.M. Skorokhodov, A.N. Skorokhodova, A.A. Anisimov, R.A. Potemkin performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. M.N. Erokhin, D.M. Skorokhodov, A.N. Skorokhodova, A.A. Anisimov, R.A. Potemkin have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 19.04.2021

Approved after reviewing 29.04.2021

Accepted for publication 29.04.2021