

ВЕГЕТАЦИОННАЯ МНОГОСЕКЦИОННАЯ КАМЕРА ДЛЯ
ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В РЕГУЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

Физиологические исследования в природных условиях продолжают оставаться обширным источником научной информации для познания ответных реакций растений на условия внешней среды. Подобные исследования, позволяющие установить, однако, лишь суммарную реакцию растений на комплекс внешних воздействий, лишены возможности регулирования и контролирования не только большинства, но и даже таких факторов внешней среды, как интенсивность и состав света, температура почвы (субстрата), воздуха и его влагонасыщение, воздухообмен и т.д.

Кроме того, при полевых исследованиях ограничено эффективное использование большинства современных сложных и высокочувствительных приборов, биофизических, биохимических методов непосредственного анализа, позволяющих получить наиболее полную информацию о процессах в растениях и их взаимосвязи с факторами среды.

Несравненно широкие и почти идеальные экспериментальные возможности имеют лаборатории искусственного климата и фитотроны [1-4], которые будучи оснащенными стационарными высокоточными приборами, различными кондиционирующими и регулирующими установками, обладают возможностью программного высокоточного управления с помощью ЭВМ параметрами факторов среды.

Однако содержание современного фитотрона по силам только крупным научно-исследовательским учреждениям; строительство и эксплуатация фитотронов обходятся очень дорого, для работы требуется специально подготовленный штат научно-инженерных и технических работников.

Очевидно и поэтому преобладающее большинство исследований продолжает осуществляться в условиях, когда менее точно и значительно дешевле регулируется ограниченное число факторов среды обитания растений с широким применением менее оснащенных камер искусственного климата, вегетационных камер и шкафов [5, 6].

Сложные научно-исследовательские сооружения - фитотроны имеют в структуре камеры с естественным и искусственным освещением, небольшие теплицы или оранжереи с регулируемым клима-

том, вегетационные домики и исследовательские лаборатории, машинные залы, служебные и вспомогательные помещения. Эффективными элементами таких сооружений являются вегетационные шкафы и камеры.

При проведении экспериментов с небольшим числом низкорослых растений используются вегетационные шкафы [7] с достаточно точным регулированием малого числа факторов (температура, влажность, частично-газовый состав), однако в них, как правило, ограничена возможность приблизить растения к источнику света или исследовать влияние различных интенсивностей света. К недостаткам вегетационных шкафов следует отнести и то, что малые площади, занимаемые посевами растений в этих установках, затрудняют получение растительного материала в количествах, достаточных для разностороннего изучения и статистической обработки результатов измерений, часто требуют увеличения затрат времени на проведение экспериментов.

Вегетационные же камеры, наоборот, имеют достаточно большие площади для посадки растений, но в то же время в них труднее удается сохранить однородность параметров в объеме камеры и равномерность облучения растений.

В настоящем сообщении приводится описание конструкции и принцип работы спроектированной и испытанной нами в течение ряда лет вегетационной камеры для выращивания и исследования растений.

Основные элементы вегетационной камеры следующие:

1. Облучательные установки и пленочные отражатели;
2. Система вентиляции и воздухообмена;
3. Система кондиционирования воздуха;
4. Программные устройства;
5. Автономные гиропонические установки.

Рекомендуемая нами камера (рис.) не обязательно должна иметь постоянную конструкцию; ее с успехом можно строить из отдельных секций, что позволяет при надобности изменять форму и высоту, например, при работе с новым набором культур. Применение деревянных сборно-разборных каркасов позволяет легко разбирать и собирать их вновь, возможно в другом помещении, без большого труда, и не требующего привлечения специалистов.

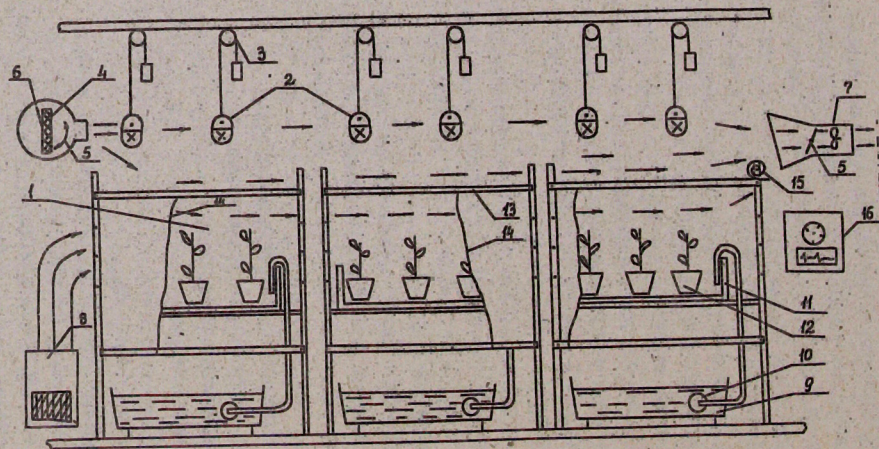


Рис. Схематическое расположение основных элементов вегетационной камеры: I - одна из секций вегетационной камеры; 2 - осветительная установка; 3 - блок регулирования уровня облучения; 4 - воздуховод подачи и распределения наружного воздуха; 5 - направляющие заслонки; 6 - фильтр воздуха; 7 - вытяжной вентилятор; 8 - система кондиционирования воздуха; 9 - бак с питательным раствором; 10 - насос подачи раствора; 11 - поддон для наполнителя (или вазонов); 12 - вегетационный сосуд с растением; 13 - горизонтальная панель с рассеивающей или цветной пленкой; 14 - вертикальная зеркальная пленка; 15 - барабан намотки пленок; 16 - блок программного управления

Важной частью вегетационной камеры является источник света, выбор которого остается предметом интенсивного обсуждения [4, 8-10].

Практикуются в основном два способа установки ламп - внутри или вне вегетационной камеры; в последнем случае лампы отделяют от экспериментального пространства одним или несколькими слоями стекла или водным экраном.

Хотя и освещение извне более экономно с точки зрения потребления энергии, однако применение стеклянных или водных экранов серьезно ухудшает световые условия внутри камеры.

В отдельных случаях применяется способ освещения растений естественным освещением через слой стекла в потолке вегетационной камеры, однако здесь колебания суммарного светового потока и интенсивности света достигают во времени значительных величин. Такие колебания в обычной теплице всего за 10 мин достигают почти 50% [11].

И поэтому одним из требований к применяемым искусственным источникам света является обеспечение равномерного облучения всех находящихся в камере растений. Равномерность облучения должна обеспечить: 1) постоянство спектрального состава; 2) постоянство интенсивности; 3) равномерность затенения соседними растениями.

При использовании в течение эксперимента одного типа источника света постоянство спектрального состава света легко достижимо, однако создание постоянства интенсивности света сопряжено с определенными трудностями; по мере роста растений поднимается и источник света, что сохраняет постоянство облучения на уровне верхушек растений, однако равномерность распределения освещения расположенных в ряд растений по мере их роста нарушается. Хотя признано, что некоторая степень взаимного затенения является неизбежной, но его все же можно свести к минимуму, уменьшив вертикальный градиент увеличением числа ламп, добавив 3-4 лампы по бокам на более низком уровне. Иногда удается достигнуть равномерности освещения, расположив растения таким образом, чтобы они получали более равномерный свет, хотя это сопряжено с нежелательным травмированием растений. Как видно, эти меры сопряжены с техническими трудностями и не всегда осуществимы.

В каждой секции (I) нашей установки применены по четыре

лампы типа ДРЛФ-400 (рис.), которые с помощью системы блоков (3) перемещаются по мере роста растений и обеспечивают необходимый уровень облученности ФАР (400-700 нм), спектральный состав и требования по равномерному распределению облучения (5). Облученность можно регулировать числом включенных ламп и их перемещением по вертикали, спектральный состав - использованием других источников (ЛНАТ и др.), различных цветных пленок, устанавливаемых в съемные горизонтальные панели (13). Безградиентное облучение растений обеспечивается замкнутыми равномерно яркими поверхностями, образованными зеркальными и диффузно отражающими пленочными панелями (14) из полиэтилентерифталата (ПЭТФ).

Для обеспечения доступа к растениям и создания необходимой равномерности облучения последние сматываются на специальных трубчатых вращающихся роликах (15). Применение таких пленок обеспечивает не только равномерность облучения, но повышает эффективность применяемых ламп; облученность ФАР от 6 ламп ДРЛФ, но без применения зеркальных пленок на расстоянии 40 см составляет 40 Вт/м^2 , а от 4 ламп с применением пленок - 50 Вт/м^2 , неравномерность облучения составляет всего 10%. Световые измерения проводились сконструированным совместно с ВИСИ фарометром ФАР-76 (12). Продолжительность фотопериода контролируется программным устройством (16).

При работе с высокими интенсивностями света одна из проблем заключается в удалении избыточного тепла от ламп, что обычно достигается применением волновых фильтров, которые однако резко сужают возможности варьирования интенсивностью света в эксперименте, их применение сопряжено с постоянными расходами чистой (питьевой) воды и другими техническими трудностями.

Для удаления конвективного тепла ламп нами применена система принудительной вентиляции, где с помощью осевого вентилятора (7) воздух из вегетационной камеры просасывается через систему облучения, охлаждает лампы (2) и выбрасывается наружу. Вентилятор включается автоматически при включении ламп, при этом, во избежание перегрева верхних листьев растений, предусмотрена система аварийного отключения облучательных установок в случае выхода из строя вентилятора.

Наружный воздух по воздуховоду (4) поступает в вегетацион-

ную камеру через механический фильтр (6), распределяясь вращающимися шиберами (5) по направлению источников света (отмечено стрелками) и растений. В зависимости от заданных параметров температуры и влажности воздуха, а также с целью обеспечения растений нормальной концентрацией CO_2 воздуха, его скорость и направление устанавливаются направляющей заслонкой и шибером (5). Оптимальный режим плавной протяжки воздуха через отсеки с растениями исключает турбулентность и создает среду с однородной температурой.

В каждом отдельном эксперименте оптимальный приток воздуха зависит от количества и величины растений, от способа их возделывания (гидропоника, волная или почвенная культура).

Таблица

Характеристика вегетационной трехсекционной камеры для выращивания растений

Параметры	Возможности и пределы регулирования
Общая занимаемая площадь под секции	4,5 м ²
Число секций (площадь под каждую секцию)	3 (1,5 м ²)
Расположение источника освещения	внутреннее
Тип источника	ДРЛФ-400
Блужденность ФАР (400-700 нм) на расстоянии 40 см от верхушек растений	50 Вт/м ² (± 5)
Возможности применения ламп других типов	ДНАТ-400, ДРОТ-2000, ЛДЦ-40 и др.
Пределы регулирования:	
температура воздуха, °C	15-40 (± 2)
относительная влажность воздуха, %	20-90 (± 5)
способ выращивания растений	почвенная, волная культура, гидропоника

Программное устройство (16) с реле времени типа 2РВМ обеспечивает продолжительность фотопериода, режим работы вентилятора и кондиционера воздуха, т.е. световой и температурно-влажностный режим, а также частоту и продолжительность подачи питательного раствора. Основные характеристики вегетационной камеры приведены в таблице.

В каждой секции установлено по одной автономной гидропони-ческой установке (площадью в 1 м^2), поддон (II), которой заправляется различными наполнителями или в нем располагаются до 15 вегетационных 5-литровых сосудов с растениями (I2).

Количество растений, по мере их роста и отбора образцов для исследований, сокращается, что также облегчает создание равномерного освещения во времени. Растения получают с по-мощью насоса (I0) питательный раствор (9), частота и продол-жительность подачи которого контролируется программным устрой-ством (I6).

Конструкция секций позволяет съем поддона (II) для установ-ления стеллажей, если необходимо исследование почвенной культу-ры, или установление поддона меньшей емкости в исследованиях, например, при водной культуре. При этом, без дополнительных модификаций, используются те же баки питательного раствора и насосы типа НЦ-300 ($U = 12 \text{ В}$) или НЭБ-1 ($U = 220 \text{ В}$).

Для доступа к растениям со всех сторон рекомендуется остав-лять проход шириной не менее 90 см.

Опыт использования трехсекционной вегетационной камеры показал, что в этом случае возможно не только использование в различных условиях освещения и других факторов, но и получение достаточного количества растительного материала и статистически достоверных данных.

При использовании стандартного отечественного оборудования использование описанной системы вегетационной камеры позволит, в зависимости от экспериментальных задач, провести исследова-ние различных растений в регулируемых условиях факторов среды обитания растений.

Ս. Ա. Կարապետյան, Ն. Փ. Մկրտչյան

Կարգավորվող պայմաններում բույսերի աճիցման վեգետացիոն
բազմաբաժին խցիկ

Եանրամասն՝ նկարագրված է վեգետացիոն խցիկը, որտեղ հնարավոր է կարգավորել օդի ջերմաստիճանը, խոնավությունը և բույսերի ճառագայի-ման ինտենսիվությունը: Բույսերի համապետ ճառագայթումը ապահովվում է հայելային և դիֆուզ գրող պոլիէթիլեն-տերի՝ տալատային Ռադանների միջոցով:

Հավարովի խցիկի կառուցվածքը զգալիորենն ընդլայնում է նրա օգա-գործման հնարավորությունները: հատկապես լույսի տարրեր ինտենսիվու-թյան և սպեկտրալ-կազմի ուսումնասիրության, ինչպես նաև ֆակտորաառա պայմաններում բավարար բանավորված բույսի զանգված առանձին համար:

VEGETATIONAL MULTI LAYER CHAMBER FOR PLANTS GROWING UNDER
REGULATED CONDITIONS

The article represents the detailed description of vegetational chamber with temperature, moisture and plants radiation intensity regulation. Plants uniform radiation is realized by means of mirror and diffusion spreading films made of polythilenterifitalat.

Stripping construction of chamber enlarges the sphere of its usage especially when different intensity and spectral composition of light are studied. It is used also for sufficient amount of plants getting under factorostatic conditions.

Л и т е р а т у р а

1. Went F.W. The concept of a phytotron. In: Environmental control of plant growth, Acad. Press, New York-London, 1963.
2. Plapper H. Phytosystema for scientific plant research. In: Phytotronique et prospective horticoles. Phytotronique II, Gautlier-villars, Paris, 1972, p.109-120.
3. Bilderling N.de. Phytotrons and their possible use in horticulture. In: Phytotronics in agricultural and horticultural research. Phytotronics III, Gautlier-Villars, Paris, 1975, p.14-26.
4. Родлественский В.И., Клепнин А.Ф. Управляемое культивирование растений в искусственной среде. Наука, 1980, с.199.

5. Барышев Д.П., Беспрозванный Р.Д., Привин М.П. Вегетационные климатические установки зарубежных фирм. -Сб.: Труды по агрономической физике, вып.38, Л., 1976, 144-169.
6. Карапетян С.А., Мкртчян Н.П. Возможности применения камеры КТК-3000 для физиологических исследований. -Сб. ИАПГ № 24, 1984, с.82-87.
7. Сборник "Регулирование внешней среды растений", М.: ИЛ, 1961, 226 с.
8. Мошков Е.С. Выращивание растений при искусственном освещении. Л.: Колос, 1966, 287 с.
9. Клешнин А.Ф. Растение и свет. Теория и практика светокультуры растений. М.: Изд-во АН СССР, 1954, 453 с.
10. Леман В.М. Курс светокультуры растений. М.: Высшая школа, 1976, 269 с.
11. Доуренс В. Теплица как среда для опытов с растениями. -Сб.: Регулирование внешней среды растений. М.: ИЛ, 1961, с.170-182.
12. Хазанов В.С., Шишов Д.М., Крайман Т.Я., Мкртчян Н.П. Макет малогабаритного фотометра для измерения облученности в посевах. -Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Биоприбор-81", Кишинев, 1981, с.37.