

УДК 58:631.544.7

ТРАНСПОРТИРУЕМАЯ ВЕГЕТАЦИОННАЯ УСТАНОВКА С РЕГУЛИРУЕМЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Н. Т. НИЛОВСКАЯ, Э. Н. АКАНОВ, Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, Е. И. КОШКИН,
М. В. МОТОРИНА

(Лаборатория потенциальной продуктивности пшеницы ВИУА,
кафедра физиологии растений ТСХА)

Современные вегетационные климатические установки (сокращенно ВКУ) позволяют осуществлять лишь частичное физическое моделирование естественной среды обитания растений. Например, с помощью серийно выпускаемых в СССР ВКУ типа ВКШ-73 и КВ-2Р можно регулировать только освещенность, температуру и влажность воздуха. Эти ВКУ представляют собой сложные инженерные конструкции, которые работают только в специально подготовленных помещениях, потребляют много электроэнергии (до 40 кВт на одну установку) и расходуют ее главным образом на искусственное освещение. При этом к.п.д. применяемых источников света низкий — от 4 до 20%. Указанные условия безусловно ограничивают область применения ВКУ. Кроме того, частичная имитация в ВКУ реальных агроклиматических условий уменьшает практическую ценность проводимых исследований. И, наконец, большинство известных ВКУ не приспособлено для измерения основных физиологических параметров растений, в первую очередь таких, как газообмен и транспирация.

Примером наиболее совершенной ВКУ может служить установка, описанная Кохом с соавторами [3]. Полезный объем ее 1 м³, регулируется тепловлажностный режим в надземной части растений и освещение (вплоть до имитации яркого солнечно-

го дня), осуществляется независимое регулирование температуры корневой зоны. В установке есть аппаратура для измерения СО₂-газообмена и транспирации. Авторы также предполагают, что с помощью специальной телеметрической системы можно будет внутри ВКУ имитировать реальные климатические условия.

Обеспечение непрерывной длительной (до 3 и более месяцев) безотказной работы подобных сложных технических устройств, как показывает наш собственный опыт эксплуатации герметичных ВКУ [1], требует применения специальных мер по аварийной сигнализации возможных отклонений от заданных режимов работы и по резервированию наименее надежных узлов и систем. Кроме того, нужен квалифицированный технический персонал для выполнения необходимых регламентных и ремонтных работ. Учитывая большую стоимость таких установок, их высокую энергоемкость и трудности при эксплуатации, в них целесообразно проводить наиболее сложные эксперименты, имеющие большое теоретическое значение.

Вместе с тем необходима более простая по сравнению со стационарными ВКУ транспортируемая установка, которая даст возможность непосредственно в поле регулировать температуру и влажность воздуха на выбранном участке растительного посева и проводить исследования с учетом мно-

гообразия взаимосвязей в природной экосистеме. Такая установка могла бы быть использована также в качестве сложного датчика, позволяющего судить о состоянии посева в данный момент времени. Она должна иметь прозрачный колпак, которым накрывается участок посева, и размещенные отдельно на передвижной платформе технические средства для поддержания под колпаком заданных параметров среды.

Некоторые авторы уже проводили опыты в поле с изоляцией воздушной среды над одним растением или над участком посева. При этом для устранения возникающего внутри изолированного объема перегрева применялись специальные охлаждающие устройства. Еще в 1952 г. для изучения фотосинтеза и дыхания целых растений в исследованиях [2] был использован стеклянный домик. Однако климатические параметры внутри него не регулировались, а концентрация CO_2 определялась в пробах воздуха, периодически оттягиваемых с помощью аспиратора через поглотитель Рихтера с последующим титрованием. Позднее Эккардт [4] для изучения фотосинтеза природных экосистем применил прозрачный колпак, внутри которого регулировалась температура, а фотосинтез определялся по способу полузамкнутой системы с использованием автоматического углекислотного газоанализатора. Такую же установку, но более мобильную и удобную в работе, применил Лиф [5] для исследования CO_2 -газообмена луговых трав. В его установке вся терморегулирующая аппаратура размещалась на отдельной тележке и соединялась с колпаком двумя гибкими воздухопроводами. Колпак был составным: нижняя непрозрачная часть, к которой подключались оба воздуховода, ограждала по грунту выбранный участок посева и служила основанием для верхней съемной прозрачной части. Воздух, прошедший термообработку, поступал под колпак на уровне нижних частей растений и на этом же уровне забирался с противоположной стороны. Но при такой схеме воздухораспределения в опытах с

растениями, имеющими длинный стебель (пшеница, кукуруза), трудно обеспечить однородные условия по всему объему под колпаком. Другим недостатком конструкции является то, что влажность воздуха под колпаком не регулируется.

Мы поставили перед собой задачу разработать конструкцию более универсальной установки с большим числом регулируемых параметров, которая была бы приспособлена для регистрации основных физиологических показателей (газообмена и транспирации) у разных сельскохозяйственных культур. К тому же установка должна быть простой и удобной в работе, потреблять минимальное количество электроэнергии.

Устройство установки

Схема установки показана на рисунке. Колпак представляет собой цилиндрическую обечайку диаметром 320 мм и состоит из трех частей: нижняя часть высотой 150 мм сделана из непрозрачного полимерного материала толщиной 4 мм, ее кромка заострена внизу для углубления в почву. Воздух, прошедший термообработку, подается под колпак по двум патрубкам 5, сваренным в противоположные стороны нижней части колпака. У средней части колпака 3 высота может быть разной в зависимости от вида растения (для этого предусматривается комплект из нескольких сменных средних частей). Сделана она из листового оргстекла толщиной 4 мм. Верхняя часть колпака 4 выполнена также из оргстекла, закрывается крышкой из того же материала. Непосредственно под крышкой сварены два патрубка 5 для отбора воздуха в узел термообработки. Все три части колпака соединяются друг с другом через резиновые прокладки 2 с помощью винтовых зажимов. В нашей установке общая высота всех трех частей 1400 мм.

Узел термообработки — это единый блок, размещенный отдельно от колпака на тележке. В его состав входят: вен-

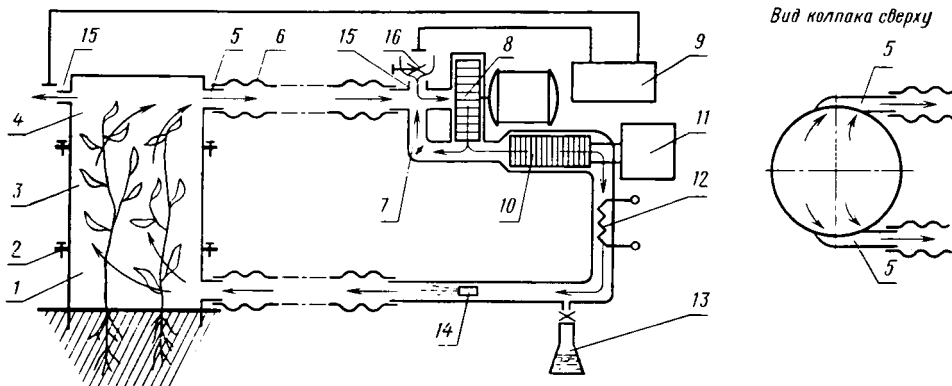


Схема вегетационной установки для физиологических исследований в полевых условиях (стрелками указано направление воздушных потоков).

1 — нижняя часть колпака; 2 — прокладка; 3 и 4 — средняя и верхняя части колпака; 5 — патрубок; 6 — гибкий воздухопровод; 7 — байпас; 8 — вентилятор; 9 — газоанализатор на CO_2 ; 10 — теплообменник; 11 — холодильный агрегат; 12 — нагреватель; 13 — емкость для сбора конденсата; 14 — увлажнитель воздуха; 15 — штуцер; 16 — регулируемый вентиль.

тилятор 8, теплообменник 10, нагреватель 12, увлажнитель воздуха 14, емкость для сбора конденсата 13. Вместе с узлом термовлагообработки на тележке установлен холодильный агрегат 11, состоящий из компрессора (в нашей установке был использован компрессор от бытового холодильника марки «Орск») и конденсатора с принудительным обдувом от отдельного вентилятора. Узел термовлагообработки соединяется с колпаком с помощью четырех гибких гофрированных воздуховодов 6 внутренним диаметром 40 мм. Для уменьшения тепловой нагрузки на узел термовлагообработки на воздуховоды были надеты чехлы из светоотражающей пленки. Кратность обмена воздуха под колпаком регулируется с помощью байпаса 7. Влага, конденсируемая на поверхности теплообменника 10, стекает в мерную емкость 13. Для автоматического включения и выключения холодильного агрегата, нагревателя и увлажнителя был установлен пульт управления (на рисунке не показан). Измерение температуры воздуха производится с помощью термометра сопротивления 22-й градуировки и измерительного преобразователя ПТ-ТС-68, а измерение относительной влажности — с помощью гигрометра АФИ. В качестве регуляторов использованы стрелочные 3-позиционные регуляторы типа М-288. На пульте управления размещалась также необходимая сигнальная и предохранительная аппаратура и тумблеры ручного управления. Питание пульта осуществлялось от электрической сети 220 В по специальному кабелю. Управление могло производиться как по месту (в этом случае была предусмотрена возможность установки пульта на тележке), так и дистанционно, для чего пульт имел электрические разъемы и кабели достаточной длины.

Кроме циркуляции воздуха по контуру «колпак — узел термовлагообработки», был обеспечен непрерывный продув всей системы наружным воздухом при помощи второго контура меньшей производительности. Для этого на всасывающей стороне вентилятора 8 установлен штуцер 15, соединенный с атмосферой через регулируемый вентиль 16. Такой же открытый штуцер имелся в верхней части колпака. Через первый штуцер «чистый» воздух забирался из атмосферы (с высоты 3 м), а через второй — такое же количество «отработанного» воздуха выбрасывалось в атмосферу. Скорость продува регулировалась вентилем 16. С помощью автоматического 2-канального газоанализатора 9 марки ГИП-10 (0—0,005 % CO_2) измерялась разность концентраций CO_2 между входом и выходом, а следовательно, газообмен по методу открытой системы. По такой же схеме может производиться измерение водообмена. Кроме того, общее количество транспирированной воды может быть опре-

делено из балансового уравнения на основании данных о количестве конденсата, собранного в емкости 13, количества влаги, поступившей в систему через увлажнитель, и разности содержания влаги в воздухе под колпаком и в наружном.

При испытании установки проверялась возможность изменять и автоматически поддерживать независимо от погодных условий заданный тепловлажностный режим под колпаком, производить измерения газо- и водообмена. Кроме того, оценивались эксплуатационные качества: удобство применения и обслуживания, легкость транспортировки.

Испытания показали, что система кондиционирования воздуха позволяет создавать и длительное время устойчиво поддерживать под колпаком тепловлажностный режим, как в точности соответствующий окружающим условиям, так и отличающийся от них. При этом компрессор холодопроизводительностью 340 кДж/ч обеспечивает максимальный перепад температур воздуха под колпаком и наружного в 3°. Для обеспечения более низких температур под колпаком, соответствующих экстремальным условиям, необходим компрессор с большей холодопроизводительностью.

Установка с помощью соответствующей аналитической аппаратуры дает возможность непрерывно записывать суточный ход газо- и водообмена участка растительного посева. Если применить один из известных методов изоляции надземной части растений [5], можно выполнять измерения газо- и водообмена отдельно надземной фитомассы. Она проста и удобна в работе, не требует специальной квалификации для обслуживания, потребляет минимальное количество электроэнергии (общая мощность аппаратов и приборов в установке не превышает 500 Вт).

Платформа с аппаратами и приборами легко перевозится по проходам, разделяющим делянки на поле. При этом накрываемые колпаком участки растительного посева площадью 800 см² могут находиться от нее на расстоянии до 5 м.

Установку можно использовать также в лабораторных помещениях, вегетационных домиках, теплицах, оранжереях.

На основании представленного краткого описания конструкции и результатов проведенных испытаний можно заключить, что подобные транспортируемые вегетационные установки из-за своей простоты, экономичности, возможности проведения экспериментов с максимальным учетом реальных климатических, почвенных и агротехнических условий представляют собой инструмент, доступный широкому кругу исследователей, работающих в селекции и растениеводстве. С помощью таких установок многие исследования можно выполнить быстрее и экономичнее, чем с помощью стационарных ВКУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аканов Э. Н. Регулирование газового состава и измерение газообмена в ка-

мере с помощью автоматической системы. — Физиол. раст., 1981, т. 28, вып. 1, с. 223—

230.—2. Любарская Л. С., Макаров Б. Н. Динамика газообмена между почвой и атмосферой в течение вегетационного периода под различными культурами севооборота. — Почвоведение, 1952, № 3, с. 271.—277. — 3. Eckardt F. E. et Saveson R. Oecologia plantarum, 1973, vol. 8, N 2, p. 185—187. — 4. Koch W.,

Rittershofer F., Blum W. — Phytotronique et prospective horticole, Gaunttrevillars, 1972, p. 125—134. — 5. Leafe E. L. — Crop processes in controlled environments, L. — N. J., 1972, p. 157—174.

Статья поступила 14 января 1982 г.

SUMMARY

The main scheme of the installation and its work under field conditions is given. The possibility of installation work under the continuous registration of visible gas and water exchange is shown. The installation is economical, movable and simple at work.