

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАПЕЛЬНЫМ ПОЛИВОМ ТОМАТОВ В МАЛООБЪЁМНОЙ КУЛЬТУРЕ

Л.С. Герасимович, д-р техн. наук, проф. академик НАН Беларуси,

Л.А. Веремейчик, канд.с.-х. наук, доцент,

С.Н. Телешевский, зав. лабораторией

Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск)
УДК 635.6

Транспирация — основное звено, управляющее биопродуктивностью растений. По своей сути, биопродуктивность растений определяется интенсивностью транспирации как ответной реакцией растения на воздействие окружающей среды (температуры, влажности, газового состава в теплице, состава минеральных удобрений в питательном растворе, освещённости растений, фазового состояния корнеобитаемой среды, фазы вегетации растений).

Определение параметров транспирации растений в производственных условиях как информационного канала управления — задача сложная и требует специальных измерительных приборов-датчиков. Как правило, такие системы контроля и управления биопродуктивностью растений включают несколько (до десятка датчиков) в устройствах автоматизированного фитомониторинга.

Вместе с этим, измеряемым параметром, характеризующим интенсивность транспирации растений, может служить влажность корнеобитаемой среды и динамические влагообменные характеристики растений. При этом можно измерять влажность в одной характерной точке или в нескольких точках вегетативного сосуда. При существенно различных условиях выращивания растений в теплице необходимо иметь интегральную характеристику влажности корнеобитаемой среды всех вегетативных сосудов. Последнее обстоятельство экономически и технологически невыгодно, поэтому стремятся к созданию одинаковых условий выращивания растений по всей площади теплиц.

Вместе с этим, современные системы управления биопродукционным процессом основаны на модельном представлении реакции растений на внешние условия окружающей среды без комплексного учёта всех возмущающих факторов. Другими словами, управление биопродукционным процессом осуществляют по принципу контекстно-независимого управления. Последнее означает, что растение фактически не подключено к процессу управления биопродукционным процессом в режиме «online».

Следует отметить, что теорией и практикой автоматизированного, а в недалёком будущем и автоматического интеллектуального контекстно-зависимого управления сложно-системными объектами доказано, что необходимым звеном системы управления становятся ответные реакции таких объектов. К этим объектам в полной мере относятся живые организмы — растения. Кстати, зарубежные системы автоматического управления биопродуктивностью овощей основаны именно на использовании различных информационных каналов измерения ответных реакций растений и включают их в автоматизированные системы управления.

Управление биопродукционным процессом, использующим реакцию растения изменением транспирации на случайный комплекс возмущающих параметров внешней среды, определяемой по динамике влажности корнеобитаемой среды. Фактически это связано с операцией слежения за экстремальной статической характеристикой «влажность корнеобитаемой среды — частота полива растений», форма которой изменяется в процессе функционирования объекта под воздействием различных возмущений. В общем случае, эта характеристика смещается относительно выбранной системы координат под воздействием случайного комплекса монотонных разноинерционных возмущений.

В результате проведенных исследований нами предложено использовать поисковую систему автоматической оптимизации (САО) подачи поливочной воды. Задача системы состоит в непрерывном поиске экстремального (максимального) значения этой статической характеристики и поддержание этого оптимального значения на основе изменения частоты капельного полива при постоянном давлении в системе магистрального трубопровода. Главной проблемой, предложенной САО, является автоматизированная оценка влияния случайных возмущений, которые возникают в системе информационного канала «датчики — связь — преобразователь».

При этом случайные возмущения в виде активного состояния корневой системы в объеме вегетативного сосуда могут приводить к ложным показаниям САО при наличии значительной инерционной транспирации растения. По нашим оценкам, она составляет 25-45 мин.

Для изучения динамики распределения влажности корнеобитаемой среды в процессе полива и осушения субстрата (керамзит, аглопорит и перлит) была разработана универсальная автоматизированная опытно-производственная установка.

Установка представляет собой измерительную ячейку в виде вегетативного сосуда натуральной величины емкостью 10 литров, заполненную субстратом, снабженную системой из 16 распределенных в объеме субстрата электродов для измерения влажности. Использован высокочастотный кондуктометрический измерительный преобразователь. Преобразователь связан с системой дискретного контроля, хранения, обработки данных и управления процессом полива через микроконтроллер, подключенный к компьютеру. Система обладает возможностью изменять временной интервал дискретного контроля влажности субстрата и капельной подачи поливочной воды, а также программирования системы компьютерного управления поливом.

Программа обработки динамических рядов изменения влажности позволяет произвести аналитическую обработку экспериментальных данных: сглаживания графиков, определения параметров математической модели в режиме «on line» с помощью различных алгоритмов обработки данных.

Обработка графиков динамических рядов в различное время суток и периоды вегетации растений показало стохастичность и нестационарность процессов увлажнения и осушения корнеобитаемой среды при активном влиянии корневой системы и интенсивности солнечной инсоляции на динамику влажности субстрата.

Вместе с этим, на динамические характеристики процесса увлажнения существенное влияние оказывает высота вегетативного сосуда, расстояние до вертикальной оси падения капель поливочной воды, фаза развития растений и срок эксплуатации субстрата.

В импульсных (шаговых) САО для уменьшения влияния случайных возмущений применяют алгоритмические методы фильтрации, основанные на накоплении измерений с последующей статической обработкой в зависимости от априорных сведений относительно случайных возмущений. В нашем случае задача поиска экстремального значения статической характеристики может быть сформулирована как эквивалентная задача проверки двух альтернативных статических гипотез, так как задаваемое значение параметров важности корнеобитаемой среды известно приближенно в связи со случайным комплексом возмущающих факторов. Алгоритм поисковой САО с использованием нечеткой последовательной процедуры проверки статических гипотез синтезируется относительно значений, которые принимает параметр биномиального распределения случайной величины влажности корнеобитаемой среды.

Фактически такая система является интеллектуальной контекстно-зависимой системой капельного полива, управляющей биологической активностью растения, которое адаптируется к системе внешних возмущающих воздействий окружающей среды путем изменения своей транспирации.

Алгоритм функционирования адаптивной САО реализуется методом нечеткой последовательной процедуры обработки измерений влажности корнеобитаемой среды. Вредное влияние инерционности перемещения влаги в растении устраняется с использованием принципов прогнозирования установившегося значения или вычисления разрыва старшей производной и модификации воздействия монотонных возмущений вертикального и горизонтального факторов статической характеристики в зависимости от частоты полива. Адаптация рабочего шага частоты полива в зависимости от величины приращения статической характеристики выполняется путем формулирования нечетких правил реализации. Учитывая, что технология выращивания тепличных томатов требует различных режимов полива в фазе вегетативного и генеративного роста, предусмотрена возможность наладить САО на заданный вид экстремальной статической характеристики системы управления.

Разработанный алгоритм адаптивной интеллектуальной системы оптимизации капельного полива, реализованный с использованием микропроцессорной техники, позволяет существенно повысить эффективность современных автоматизированных технологий выращивания тепличных овощей в малообъемной культуре.