

host was not observed. Among all radiative transitions in case of Eu^{3+} -doping lines of ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ transition better fits to absorption spectra of chlorophyll. There is correlation between bands ${}^3P_0 \rightarrow {}^3H_6$ and ${}^3P_0 \rightarrow {}^3F_2$ in case of Pr^{3+} ions with corresponding bands of chlorophyll a and chlorophyll b.

Keywords: photoluminescence, bismuth phosphate, red luminophore, Eu^{3+} , Pr^{3+}

УДК 631.371

ЗАСОБИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОЛИВУ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Л. Є. НИКИФОРОВА, доктор технічних наук, професор

М. О. СПОДОБА, студент магістратури

Національний університет біоресурсів

і природокористування України

E-mail: profnikiforova@gmail.com

Анотація. Роботу присвячено розгляду методів програмування поливу в спорудах захищеного ґрунту. Розглянуто різні методи програмування поливу й засоби отримання інформації для них. Наведено експериментальні результати щодо визначення величини транспірації для програмування поливу у спорудах захищеного ґрунту. Потреба рослин у воді, що йде переважно на транспірацію, задовольняється всмоктуванням її корінням з ґрунту. Витрати на воду та її підготовку для поливу становлять помітну частину в загальних витратах при вирощуванні продукції в теплицях. Проте економія води, яка не призводить до зниження врожайності, можлива тільки при правильному визначенні водного режиму рослин, тобто, при правильному програмуванні поливу у спорудах захищеного ґрунту.

Метою дослідження є розробка системи автоматизованого поливу рослин, яка дає змогу враховувати потреби рослин у вологості та придатна для використання у виробничих умовах.

У процесі дослідження було встановлено, що величина транспірації може бути визначена за емпіричною формулою. Використання програмованого поливу в спорудах захищеного ґрунту, залежно від параметрів мікроклімату, дає змогу знизити витрати електроенергії та підвищити адаптаційну схильність рослин до збурюючих факторів.

Ключові слова: полив, захищений ґрунт, програмування, транспірація

Актуальність. Рослини як в умовах відкритого, так і захищеного ґрунту, використовують сонячну радіацію, двоокис вуглецю з атмосфери, воду і поживні речовини для виробництва біомаси, інтенсивність якої визначається інтенсивністю фотосинтезу [1, с. 107]. Потреба рослин у

воді, що йде в основному на транспірацію, задовольняється всмоктуванням її корінням з ґрунту. У свою чергу, також постійно відбувається випаровування води з ґрунту. Отже, сумарне випаровування, визначає кількість води, яке в умовах захищеного ґрунту відновлюється тільки поливом. Витрати на воду та її підготовку для поливу становлять помітну частину в загальних витратах при вирощуванні продукції в теплицях, проте економія води, яка не призводить до зниження врожайності, можлива тільки при правильному визначенні водного режиму рослин, тобто, при правильному програмуванні поливу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Програмування поливу, таким чином, є поєднанням технічних процедур, призначених для передбачення та визначення часу й тривалості поливу. Сучасні методи програмування поливу можна, розділити щодо застосування для прийняття рішень інформації на три групи:

1. Засновані на вимірі змісту вологи в ґрунті.
2. Засновані на визначенні водного режиму рослин.
3. Засновані на вимірі параметрів мікроклімату.

Перша група методів полягає в підтримці вологості ґрунту в межах між двома її рівнями. Для виміру поточних значень вологості ґрунту використовуються тензиометри, водовідмітчики, динамічні рефлектометри і системи сканування середовища (рис. 1). Перші два із зазначених вище вимірювальних перетворювачів засновані на вимірі сили натягу рідини, тобто, зусилля, яке повинні докласти коріння рослин для вилучення вологи з ґрунту. Ці вимірювачі набули значного поширення завдяки невисокій вартості й простоті установки, проте застосування непрямого методу виміру істотно знижує їх точність, яка також істотно залежить від типу й температури ґрунту. Динамічні рефлектометри, засновані на принципі виміру часу затримки електромагнітного імпульсу в ґрунті, незважаючи на свою високу точність, ще не набули значного поширення поза межами дослідних центрів через їх високу вартість. Системи сканування середовища являють собою набір датчиків, розташованих на різній глибині й приєднаних до реєстратора даних. Проте впровадження таких систем у виробництво стримується їх високою вартістю.

Таким чином, для більш широкого впровадження методів програмування поливу, заснованих на вимірі вологості ґрунту, необхідно подальше вдосконалення вимірювальних перетворювачів. Проте не слід забувати, що сам водний режим рослин визначається не тільки вологістю ґрунту. Тому в останній час проводяться дослідження для розвитку методів програмування поливу, заснованих на безпосередньому вимірі водного режиму рослин. Ці методи засновані на вимірі діаметра стебла або вегетативних органів (рис. 2) у нічний і денний час із визначенням різниці між цими величинами, яка пропорційна об'єму води, що випаровується рослиною при транспірації. Істотним недоліком таких методів є помітна різниця величини транспірації для різних видів рослин та її залежність від стадії розвитку рослини та її окремих органів.

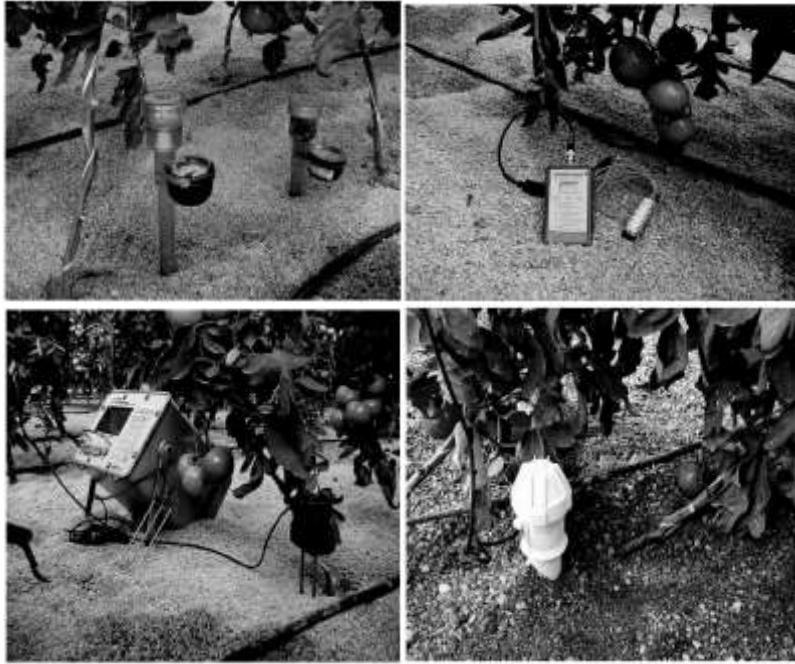


Рис. 1. Прилади для визначення вологості ґрунту (зліва направо): тензиометр, водовідмітки, динамічний рефлектометр і датчик системи сканування середовища



Рис. 2. Прилади для вимірювання діаметра плодів і стебел томатів

Іншим різновидом датчиків водяного режиму рослин є датчики водного потоку (рис. 3), які дають змогу проводити виміри у режимі реального часу. Основним недоліком таких приладів є їх висока вартість і необхідність під час прийняття рішення про полив, враховувати значення сонячної радіації та величини дефіциту тиску водяних парів.

Загальним недоліком зазначених приладів є також незручність їх застосування у виробничих умовах, труднощі у виборі репрезентативних рослин і кількості встановлюваних датчиків. Усі ці проблеми істотно стримують застосування таких датчиків у реальному виробництві. Такі системи можуть застосовуватися в основному для розробки або уточнення графіків поливів в умовах повторного вирощування одного виду рослин при точному підтриманні параметрів мікроклімату в теплиці.



Рис. 3. Датчик водяного потоку, встановлений на стеблі

Мета дослідження – розробка системи автоматизованого поливу рослин, яка дає змогу враховувати потреби рослин у вологості та придатна для використання у виробничих умовах.

Матеріали і методи дослідження. З огляду на зазначені вище причини, найбільш простим і доступним для застосування у виробничих умовах є програмування поливу на основі параметрів клімату. Ці методи засновані на оцінці значень параметрів мікроклімату і стадії розвитку рослин (перш за все, враховується значення площі листя і листового індексу), які дають змогу визначити потребу у воді. Для визначення потреби у воді для теплиць без ґрунту розроблені моделі оцінки транспірації для різних видів рослин [2, с. 55; 3, с. 70]. При вирощуванні рослин у ґрунті за рекомендацією ФАО [4, с. 20–31] з достатнім ступенем точності можна дізнатися потребу у воді (тобто сумарне випаровування) Твип, прийняти пропорційній величині транспірації Ттр з поправочним коефіцієнтом К, визначеним для конкретної споруди з можливістю уточнюючої поправки на вид рослин та стадії розвитку:

$$T_{\text{вип}} = K \cdot T_{\text{тр}} \quad (1)$$

Оскільки в спорудах захищеного ґрунту температура підтримується з достатньо високою точністю, головним збурюючим фактором, який в основному і визначає величину транспірації, є величина потоку сонячної радіації. Великі споруди через наявність достатнього об'єму ґрунту мають велику аккумуляючу здатність, тому потреба в поливній воді може визначатися за денною сумою сонячної радіації, що надходить в теплицю, або за багаторічними метеорологічними даними.

Величина поправочного коефіцієнта для споруди в цілому може бути легко визначена наступним чином. Величина транспірації

обчислюється за кількістю рослин, помноженою на виміряну за допомогою датчика водяного потоку величину транспірації для однієї рослини. У свою чергу, величина сумарного випаровування може бути визначена з рівняння водного балансу при вимірюванні величин обсягу поливу R і дренажу L , а також значень вологовмісту ґрунту в теплиці $W_{поч}$ і $W_{кін}$, відповідно, на початку і наприкінці періоду часу (зазвичай за тиждень) за результатами виміру вологості ґрунту:

$$T_{вип} = W_{поч} - W_{кін} + R - L \quad (2)$$

Для визначення вологості ґрунту використовувався динамічний рефлектометр Trase Model 6005x1 (SoilMoisture Equipment Corp., США). Встановлення таким чином співвідношення між $T_{тр}$, $T_{вип}$ і величиною денного потоку сонячної радіації дає змогу здійснювати програмування поливу по багаторічних метеорологічних даних (переважно для великих теплиць) або за даними виміру денної суми сонячної радіації, проникаючої в теплицю.

Результати досліджень та їх обговорення. Під час наших вимірювань було встановлено, що величина транспірації може бути визначена за емпіричною формулою, виходячи з величини виміряної сумарної радіації в теплиці $R_{внутр}$ і номера дня в році N :

$$T_{тр} = (0,30 + 0,002 \cdot N) \cdot R_{внутр} \quad (\text{якщо}, N < 210); \quad (3)$$

$$T_{тр} = (1,35 - 0,003 \cdot N) \cdot R_{внутр} \quad (\text{якщо}, N > 210). \quad (4)$$

З достатнім ступенем точності величина сумарної радіації в теплиці $R_{внутр}$ може бути визначена по величині сумарної сонячної радіації, виміряній на метеостанції $R_{зовн}$, з урахуванням коефіцієнта прозорості теплиці k :

$$R_{внутр} = k \cdot R_{зовн} \quad (5)$$

На рис. 4 наведено результати виміру $T_{тр}$ в експериментальній теплиці. Сама ж разова доза поливу визначається з бажаної рівномірності вологості ґрунту (більше число поливів і менша разова його величина відповідає меншим коливанням величини вологості ґрунту).

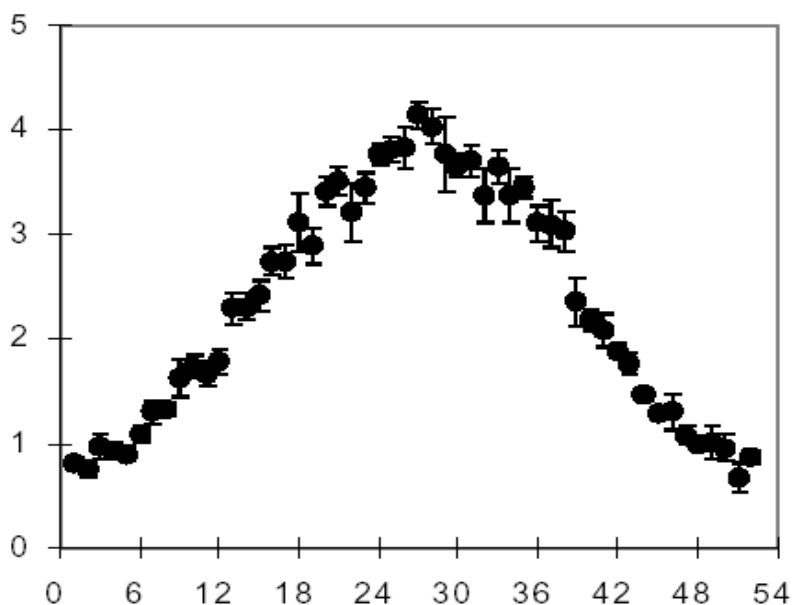


Рис. 4. Вимірне значення транспірації в експериментальній теплиці (у міліметрах за день) по тижнях року

Висновки і перспективи. Використання програмованого поливу в спорудах захищеного ґрунту, залежно від параметрів мікроклімату, дає змогу знизити витрати електроенергії та підвищити адаптаційну схильність рослин до збурюючих факторів.

Список літератури

1. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / [Н. Н. Третьяков, Е. И. Кошкин, Н. М. Макрушин и др.] ; под ред. Н. Н. Третьякова. – М. : Колос, 1998. – 640 с.
2. Stanghellini C. 1987. Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management. Ph. D. Dissertation. – Wageningen: Agricultural University, 1987. – 150 p.
3. Boulard T., Jemaa R. Greenhouse tomato crop transpiration model application to irrigation control // Acta Horticulturae. – 1993. – № 335. – P. 381–387.
4. Doorenbos J., Pruitt W. O. Las necesidades de agua de los cultivos // FAO Riego y Drenaje, 1977. – № 24.

References

1. Tret'yakov, N. N., Koshkin, E. I., Makrushin N. M. et al.; pod red. N. N. Tret'yakova (1998). Fiziologiya i biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [Physiology and biochemistry of agricultural plants]. M.: Kolos, 640.
2. Stanghellini, C. (1987). Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management. Ph. D. Dissertation. Wageningen: Agricultural University, 150.
3. Boulard, T., Jemaa, R. (1993). Greenhouse tomato crop transpiration model application to irrigation control. Acta Horticulturae, 335, 381–387.
4. Doorenbos, J., Pruitt, W. O. (1977). Las necesidades de agua de los cultivos. FAO Riego y Drenaje, 24.

СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЛИВА В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

**Л. Е. Никифорова,
М. О. Сподоба**

Аннотация. Работа посвящена рассмотрению методов программирования полива в сооружениях защищенного грунта. Рассмотрены различные методы программирования полива и средства получения информации для них. Приведены экспериментальные результаты по определению величины транспирации для программирования полива в сооружениях защищенного грунта. Потребность растений в воде, идет в основном на транспирацию, удовлетворяется всасыванием ее корнями из почвы. Расходы на воду и ее подготовку для полива составляют заметную часть в общих затратах при выращивании продукции в теплицах, однако экономия воды, не приводит к снижению урожайности, возможна только при правильном определении водного режима растений, то есть, при правильном программировании полива в сооружениях защищенного грунта.

Целью исследования является разработка системы автоматизированного полива растений, которая позволяет учитывать потребности растений во влажности и пригодна для использования в производственных условиях.

При исследовании было установлено, что величина транспирации может быть определена по эмпирической формуле. Использование программируемого полива в сооружениях защищенного грунта, в зависимости от параметров микроклимата, позволяет снизить расход электроэнергии и повысить адаптационную склонность растений к возмущающим факторам.

Ключевые слова: полив, защищенный грунт, программирование, транспирация

INFORMATION SUPPORT AUTOMATION IRRIGATION IN THE GREENHOUSE

**L. Nikiforova,
M. Spodoba**

Abstract. The work is devoted to the consideration of the methods of programming watering in buildings of protected soil. Different methods of watering programming and means of obtaining information for them are considered. Experimental results are given for determining the value of transpiration for programming of irrigation in protected ground structures. The need for plants in water, which goes mainly to transpiration, is satisfied with absorption of its roots from the soil. The cost of water and its preparation for irrigation make a significant part in the total costs of growing the products in greenhouses, but saving water, which does not lead to lower yields, is possible only with the correct definition of water regime of plants, that is, with proper programming of irrigation in structures of protected soil.

The aim of the study is to develop a system of automatic watering of plants, which allows to take into account the needs of plants in humidity and suitable for use in production conditions.

The study found that the transpiration value can be determined by the empirical formula. The use of programmable irrigation in protected ground structures, depending on the parameters of the microclimate, allows to reduce energy consumption and increase adaptive predisposition of plants to perturbing factors.

Keywords: irrigation, protected soil, programming, transpiration

УДК 681.516.75: 631.234

АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЙ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦІ З УРАХУВАННЯМ ЇХ СТАНУ

В. П. ЛИСЕНКО, доктор технічних наук, професор
Т. І. ЛЕНДЄЛ, кандидат технічних наук, старший викладач
**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**
E-mail: taraslendel@rambler.ru

Анотація. Створено інтелектуальний алгоритм формування стратегій керування процесом виробництва овочевої продукції у теплиці з урахуванням станів рослин. Наведено структури бази даних та бази знань, що використовуються для його реалізації в сучасних високотехнологічних теплицях.

Запропонований алгоритм функціонує на основі інформації про стани рослин, параметри атмосфери в теплиці, показники фітостану, цінову політику на ринку, про вартість енергоносіїв та виробленої продукції, максимізуючи прибуток підприємства за допомогою формування стратегій керування електротехнічними комплексами, що супроводжують виробництво.

Ключові слова: підсистема, алгоритм, керування процесом, вирощування, теплиця, рослина

Актуальність. Технології закритого ґрунту забезпечують споживачів рослинною продукцією впродовж календарного року, що робить їх привабливими у багатьох країнах світу. При цьому використовують спеціалізоване обладнання, здатне формувати в закритих приміщеннях найсприятливіші для рослин умови, що дає можливість отримувати високі врожаї. Водночас, навіть сучасні системи забезпечення процесу вирощування рослин, як правило, не відстежують

© В. П. Лисенко, Т. І. Лендєл, 2018