

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У РОСЛИННИЦТВІ

Л. Є. Никифорова, доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: profnikiforova@gmail.com

Анотація. Для вирішення продовольчої та екологічної проблеми необхідно створення високоврожайних сортів рослин, але це потребує багатолітньої селекційної та агрономічної роботи. Одним з шляхів прискорення цього процесу є створення автоматизованих біотехнічних систем з використанням рослин в якості джерела інформації про умови життєзабезпечення.

У дослідженні рослини, як цілісної біосистеми, до цього часу склалася парадоксальна ситуація: при достатній повноті відомостей про первинні процеси обміну речовин і розвинутої теорії продуктивного процесу, опис життєдіяльності цілісної рослини виявляється вкрай скрутним. Цілісна рослина поводить себе цілком інакше, ніж сукупність клітин, і її життєдіяльність не зводиться до сукупності фізіологічних процесів. Складнощі, що виникають при спробі опису життєдіяльності рослини, пов'язані головним чином із відсутністю адекватних моделей.

Чисельні реальні і практичні ефекти в рослинництві, одержувані методом випадкових проб, не можуть дати оптимальних статистично достовірних даних. Найперспективнішим шляхом вирішення цього питання є реалізація концепції створення замкнених автоматизованих рослинних біотехнічних систем з використанням рослин в ланці зворотного зв'язку, в якості джерела інформації та розробка математичних моделей, на основі яких визначався б можливий діапазон змін параметрів коригуючих електрофізичних зовнішніх впливів.

Метою дослідження є обґрунтування підходів до створення автоматизованої системи керування адаптацією та продуктивністю рослин на базі застосування зовнішніх електрофізичних впливів і технічних засобів, що дозволяють контролювати реакцію рослинного біологічного організму на такого роду впливи.

На підставі досліджень вітчизняних та закордонних дослідників зроблено висновок про доцільність використання біоелектричних характеристик у якості об'єктивного критерію функціонального стану рослин. Як середовище, так і рослина є складним об'єктом. У роботі проаналізовано взаємозв'язки в системі рослина - середовище, виділені ресурсні й інформаційні канали, визначена сукупність параметрів стану, характер прямих і перехресних взаємозв'язків, виявлені джерела збурень. Визначено мінімальний набір параметрів біологічного об'єкту рослинного походження, який дає можливість контролювати і коригувати адаптаційні та

продукційні процеси рослини. Розроблено технічний засіб, що дозволяє виконувати вимірювання біоелектричного потенціалу в режимі поточного часу.

Ключові слова: *автоматизована система керування, рослина, біоелектричний потенціал, технологія, параметри стану, електромагнітне випромінювання*

Актуальність. Продовольчі та екологічні проблеми потребують створення високоврожайних сортів рослин, але це потребує багатолітньої селекційної та агрономічної роботи.

Одним з шляхів прискорення цього процесу є створення автоматизованих біотехнічних систем з використанням рослин у якості джерела інформації про умови життєзабезпечення. Ця інформація, яка отримується від рослин, може бути основою для вибору оптимальних керуючих впливів.

Оскільки рослинний біологічний об'єкт являє собою складну кібернетичну систему, яку характеризує можливість зміни тактики та стратегії керування, з метою адаптації до оточуючого середовища та використання сприятливих умов, то коригування їх життєдіяльності можливо завдяки зміни просторового та спектрального розподілу зовнішніх електромагнітних випромінювань.

Отже, наукові дослідження, що націлені на побудову автоматизованих біотехнічних систем для створення екологічно чистих енерго - та ресурсозберігаючих технологій, котрі сприяють максимальній мобілізації потенційної продуктивності рослин та підвищують ефективність технологічного процесу вирощування останніх є актуальними та мають важливе народногосподарське значення.

Такі технології та технічні пристрої, що працюють за принципом зворотного зв'язку можна створювати, ґрунтуючись на об'єктивно існуючих закономірностях зміни біоелектричних потенціалів рослин при дії несприятливих кліматичних факторів та використанні керуючих електромагнітних випромінювань для коригування біоелектричних потенціалів рослин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наукові дослідження в цьому напрямку активно ведуться як в країнах пострадянського простору, так і в університетських центрах Рочестера, Буффало, Майями, Айови, Тафті [1,2].

У дослідженні рослини, як цілісної біосистеми, до цього часу склалася парадоксальна ситуація: при достатній повноті відомостей про первинні процеси обміну речовин і розвинутої теорії продуктивного процесу, опис життєдіяльності цілісної рослини виявляється вкрай скрутним. Цілісна рослина поводить себе цілком інакше, ніж сукупність клітин, і її життєдіяльність не зводиться до сукупності фізіологічних процесів. Складнощі, що виникають при спробі опису життєдіяльності рослини, пов'язані головним чином із відсутністю адекватних моделей.

Незважаючи на достаток робіт в області моделювання рослинних біосистем і оглядових публікацій, поки ще не обраний єдиний методологічний підхід до кількісного опису цілісних рослин. Для вирішення цієї проблеми необхідно проаналізувати структурно-функціональні зв'язки в рослинній системі з метою оптимізації керуючих впливів. Лише в деяких дослідженнях розглядаються питання низькоенергетичного впливу електромагнітних полів на рослини з метою керування їх станом і розвитком. У багатьох розглянутих роботах відсутня єдина точка зору на метод і розуміння механізмів впливу низькоенергетичних полів на біологічні об'єкти, недостатньо вивчено питання створення математичних моделей, спроможних дати аналітичний опис процесів, що відбуваються при такому опроміненні на клітинному рівні та організмі в цілому, немає обґрунтованого експериментально або теоретичного висновку про спектральні характеристики електромагнітного поля, що ефективно впливає на рослину в різних стадіях органогенезу.

Теоретичні й експериментальні дослідження науковців показали, що бажана зміна ходу інформаційних процесів у рослині можлива тільки при оптимальному поєднанні значень біотропних параметрів зовнішнього електромагнітного поля. Визначення цих параметрів можливе лише при встановленні зворотного зв'язку із

рослиною, тобто при моніторингу їх фізіологічного стану після дії тієї чи іншої сукупності параметрів поля [3,4].

Отже чисельні реальні і практичні ефекти в рослинництві, одержувані методом випадкових проб, не можуть дати оптимальних статистично достовірних даних. Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є створення автоматизованих рослинних біотехнічних систем із використанням рослин як джерел інформації та розробка математичних моделей, на основі яких визначався б можливий діапазон змін біотропних параметрів.

Автоматизована система усуває суб'єктивність, створює по заданій програмі можливість одержання різноманітних структур електромагнітного поля для різних видів культур, їх вікового та фізіологічного стану, дає змогу знайти та визначити оптимальні значення відгуків рослин, сигналізує про їхню наявність, дозволяє відтворити режим та зробити зміну програм.

Мета дослідження - обґрунтування підходів до створення автоматизованої системи керування адаптацією та продуктивністю рослин, на базі застосування зовнішніх впливів і технічних засобів, що дозволяють контролювати реакцію рослинного біологічного організму.

Матеріали і методи дослідження. На підставі досліджень вітчизняних та закордонних дослідників зроблено висновок про доцільність використання біоелектричних характеристик як об'єктивного критерію функціонального стану рослин. Для вимірювання біоелектричних потенціалів використовуються контактні та безконтактні методи. Загальним критерієм для вибору існуючих методів є показник пошкоджуваності рослинних організмів та стабільність величини, що вимірюється у процесі досліджень. Нами було обґрунтовано доцільність екстраклітинного методу поверхневого відведення біоелектричного потенціалу. На підставі проведеного аналізу досліджень різних наукових шкіл зроблено висновок про те, що штучно коригуючи значення градієнтів біоелектричних полів за допомогою низькоенергетичних електромагнітних полів можна впливати на процеси росту та розвитку рослин.

Як середовище, так і рослина є складним об'єктом. Проаналізовано зв'язки в системі рослина - середовище, виділені ресурсні й інформаційні канали, визначена сукупність параметрів стану, характер прямих і перехресних взаємозв'язків, виявлені джерела збурень. Структурно - функціональна модель рослинної біосистеми представлена на рис. 1.

Виділено найістотніші інформаційно - ресурсні потоки, що підлягають контролю та аналізу [3]. Це приплив сонячної радіації E ; тепла Q ; води W ; вуглекислого газу і мінеральних елементів C . Змінюючись у широких межах, вони визначають параметри середовища у вигляді температури повітря і ґрунту, вологості повітря і ґрунту, опромінення, концентрацій вуглекислоти, мінеральних речовин тощо. Кожний з цих параметрів характеризується своєю сукупністю і динамікою і може бути описаний вектором $s(t)$.

Відповідно до сучасних уявлень, рослина - це цілісна система, що сприймає і перетворює потоки речовини, енергії та інформації. Динамічний стан рослини описується вектором параметрів стану $z(t)$, що пов'язаний з вектором $s(t)$, рівняннями в рамках моделі простору станів:

$$\dot{z}(t) = Az(t) + Bs(t) \quad (1)$$

Вихідні параметри пов'язані з вектором стану рівнянням:

$$\dot{y}(t) = Cz(t) \quad (2)$$

де s - вектор параметрів середовища розмірності n ; z - вектор параметрів стану рослини розмірності m ; y - вектор вихідних параметрів рослин розмірності l .

Матриця A визначає динамічні характеристики рослини та стійкості його станів, тобто спроможність повертатися у вихідний стан після короткочасних збурень.

Матриця B визначає вплив вхідних змінних (середовище) на параметри стану.

Матриця C визначає зв'язок параметрів стану рослини і його вихідних параметрів (продуктивність, накопичення біомаси, або продукту життєдіяльності рослини).

Матриця A , B і C мають розмір $(m \times m)$, $(m \times n)$, і $(1 \times m)$ відповідно. Вибір мінімального необхідного набору параметрів стану рослин, є одним з головних питань при побудові систем керування. Від їхнього ідеального вибору в значній мірі залежить адекватність моделі і практична цінність. Умовою наявності інформативності параметрів стану, є їхній ступінь близькості до ортогональності, що визначається за допомогою матриці A .

Крім того, параметри стану повинні функціонально залежати від балансу ресурсів системи та від зовнішніх збурень.

Виходячи зі сформульованих вимог серед параметрів стану рослин, був виділений набір, який включає в себе:

- біоелектричний потенціал φ , мВ;
- тургорний (водяний) потенціал ψ , %;
- термодинамічний потенціал θ , $^{\circ}\text{C}$.

Вимір їх у масштабі поточного часу, забезпечує спостережуваність стану рослини, дозволяє визначити коефіцієнти матриць A і B .

З урахуванням вище зазначеного, для створення автоматизованої системи керування адаптацією та продуктивністю рослин, нами розроблено пристрій для вимірювання біоелектричного потенціалу, що дозволяє контролювати динамічний стани рослин. На рис. 2 показана його структурна схема.

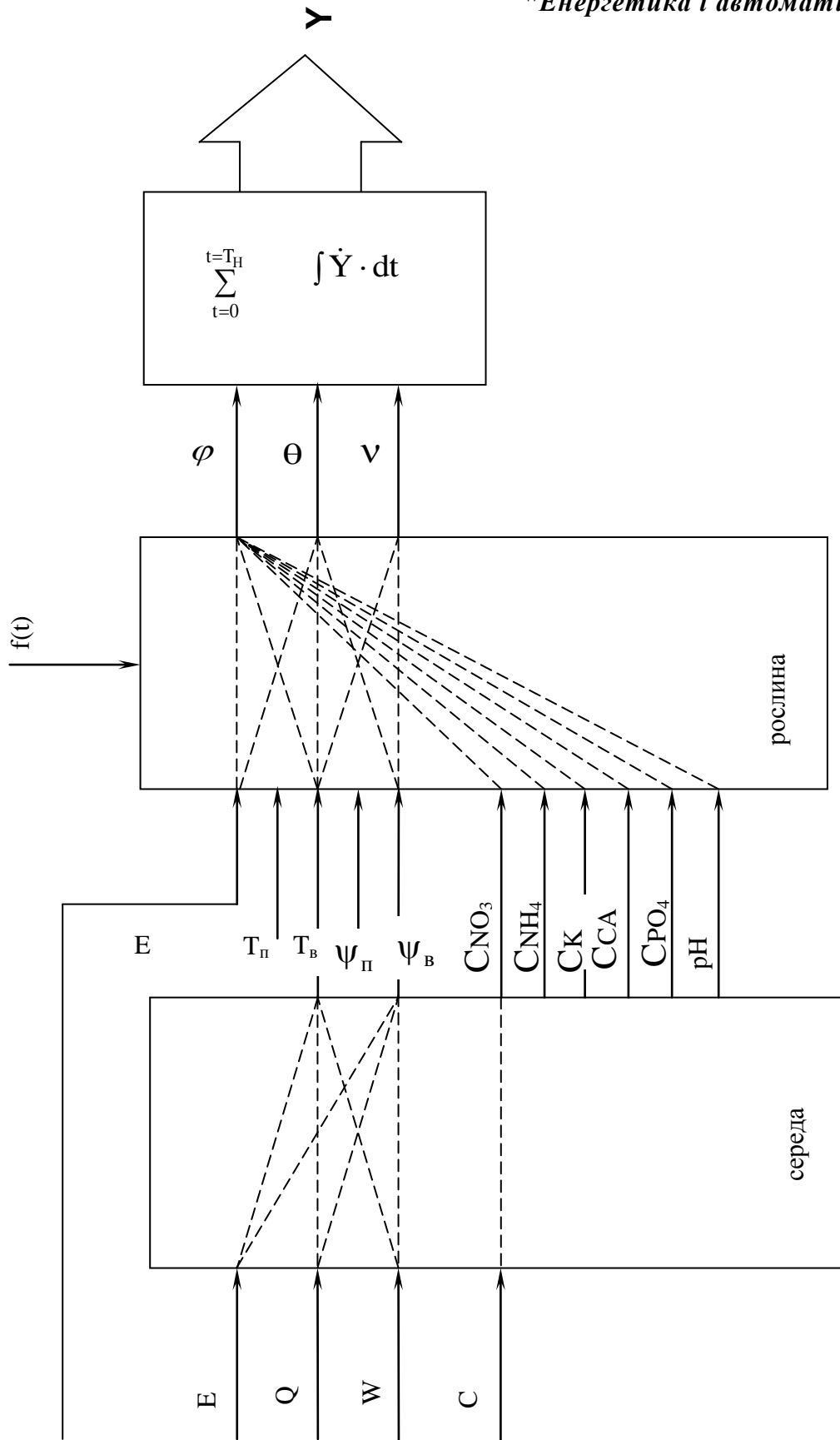


Рис. 1. Структурно – функціональна схема взаємодії у рослинній біосистемі

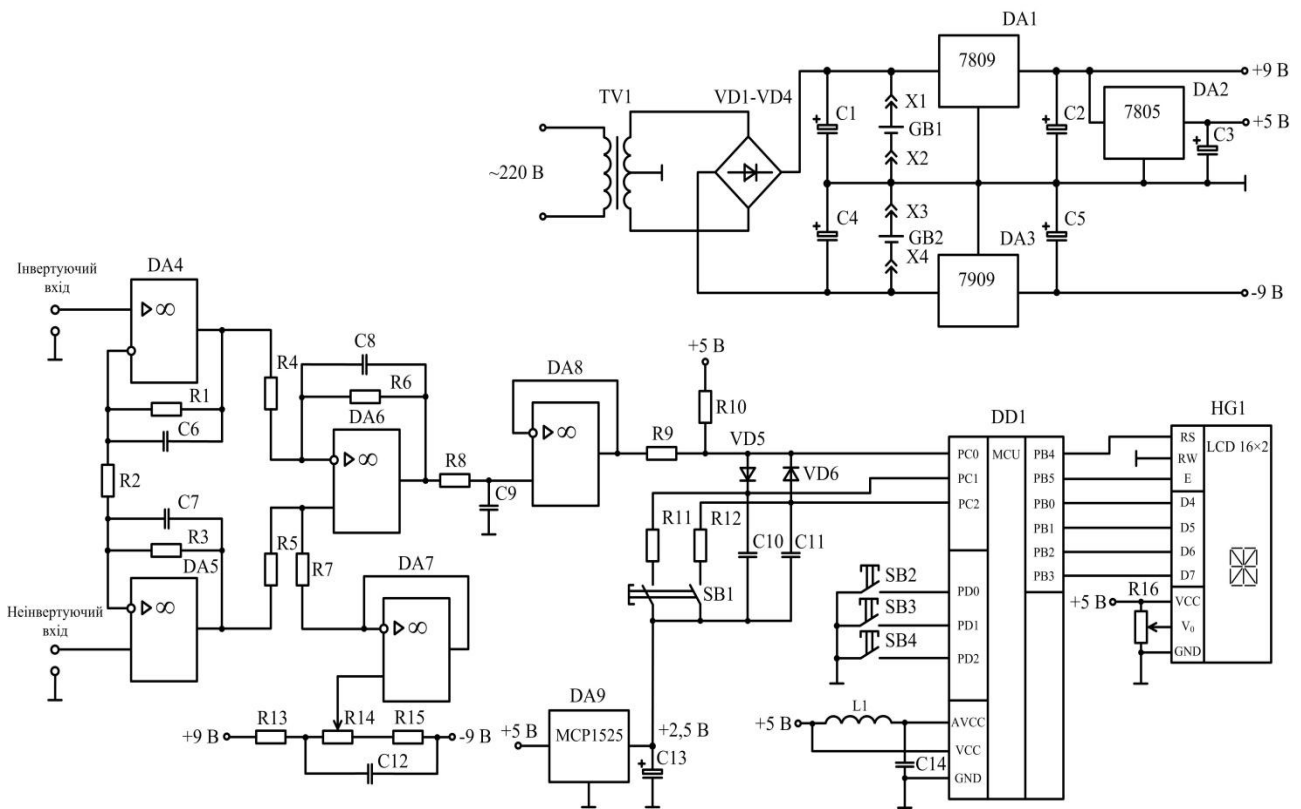


Рис. 2. Структурна схема пристрою

Розроблений пристрій вимірювання передбачає можливість реєстрації таких електрофізіологічних характеристик:

- безперервна реєстрація метаболічної різниці біоелектричних потенціалів;
- реєстрація біоелектричних потенціалів дії із запам'ятовуванням амплітудних екстремумів негативної і позитивної напівхвилі.

Пристрій має можливість запам'ятовування 50 останніх значень біоелектричного потенціалу в енергонезалежну пам'ять мікроконтролера EEPROM з подальшим виводом цих значень на індикатор.

Цей пристрій може використовуватись у колі зворотного зв'язку автоматизованої системи керування адаптаційними та продуктивними процесами рослин у закритому ґрунті, що надає можливість системі керування отримувати поточну інформацію про стан біологічного об'єкта, на підставі чого формувати керуючі впливи.

Висновки і перспективи. 1. З метою фітотомоніторингу рослинних біосистем і створення автоматизованих систем керування адаптаційними та продуктивними

процесами необхідний системний підхід, що передбачає аналіз параметрів стану рослин, середовища і інформаційно - ресурсних потоків між ними.

2. Встановлено, що динаміка взаємозв'язку рослини і середовища адекватно описується в рамках моделі простору станів.

3. Аналіз параметрів рослинної біосистеми дозволив відкрити необхідний набір у вигляді тривимірного вектору.

Результати досліджень створюють передумови для розробки алгоритмів автоматизованої системи керування адаптаційними та продукційними процесами рослин.

Список літератури

1. Башилов А. М. Информационно - интеллектуальные ресурсы высокотехнологичного производства / А. М. Башилов, В. И. Загинайлов // Достижения науки и техники АПК. - М., 2004. - № 9. - С. 22-24.

2.Sayler G. S. Emerging foundations: nano-engineering and bio-microelectronics for environmental biotechnology / G.S. Sayler, M.I. Simpson, C.D. Cox // Current Opinion in Microbiology. - 2004. - V.7, № 3. - P. 267-273.

3.Мартынченко А. И. Аппаратура для исследования электрофизиологических характеристик растений // Электрофизиологические методы в изучении функционального состояния растений. - М, 1988. - С.107-116.

4. Никифорова Л. Є., Сподоба М. О. Модель системи електротехнологічного дослідження обробки біологічних об'єктів рослинного походження / Л. Є. Никифорова, М. О. Сподоба // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». - 2018. - Вип. 286. - С. 48 - 53.

References

1.Bashilov. A. M., Zaginailov. V. I. (2004). Informatsionno- intelektualnye resursy vysokotekhnologichnogo proizvodstva. Dostizheniia nauki I tekhniki APK, 9, 22-24.

2.Sayler, G. S., Simpson, M. I., Cox, C. D. (2004). Emerging foundations: nano-engineering and bio-microelectronics for environmental biotechnology. Current Opinion in Microbiology, 7 (3), 267-273.

3.Martinenko, A. I. (1988). Aparatura dlia issledovania electrophysiologicheskikh kharakteristik rasteniy Electrophysiologicheskie metody v izuchenii funktsionalnogo sostoianiiia rasteniy. Moskow, 107-116.

4. Nykyforova L. E., Spodoba M. O. (2018). Model systemy electrotehnologichnogo doslidzhennia obrobky bioloichnykh ob'ektiv roslynnoho pokhodzhennia. Naukoviy visnik NUBiP Ukrainy. Seriya Tekhnika ta energetika APK, 286, 48-53.

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Л. Е. Никифорова

Аннотация. Для решения продовольственной и экологической проблемы необходимо создание высокоурожайных сортов растений, однако это сопряжено с многолетней селекционной и агрономической работой. Одним из путей ускорения этого процесса является создание автоматизированных биотехнических систем с использованием растений в качестве источника информации об условиях жизнеобеспечения.

В исследовании растений, как целостной биосистемы, до настоящего времени сложилась парадоксальная ситуация: при достаточной полноте сведений о первичных процессах обмена веществ и развитой теории продукционного процесса описание жизнедеятельности растения в целом является достаточно сложным. Целостное растение ведет себя иначе, чем совокупность клеток, и его жизнедеятельность не сводится к совокупности физиологических процессов. Трудности, которые возникают при попытках описания жизнедеятельности растений, связаны в основном с отсутствием адекватных моделей.

Достаточное количество реальных и практических эффектов в растениеводстве, которое получено методом случайных проб, не могут дать оптимальных статистически достоверных данных. Наиболее перспективным путем решения этого вопроса является реализация концепции создания замкнутых автоматизированных растительных биосистем с использованием растений в звене обратной связи, в качестве источника информации.

Целью работы является обоснование подходов к созданию автоматизированной системы управления адаптацией и продуктивностью растений, на базе использования внешних электрофизических воздействий и технических средств, которые позволяют контролировать реакцию биологического организма на такого рода воздействия.

На основании исследований отечественных и зарубежных исследователей сделано вывод о целесообразности использования биоэлектрических характеристик в качестве объективного критерия функционального состояния растений. Как среда, так и растение являются сложным объектом. В работе проанализированы взаимосвязи в системе растение – среда, выделены ресурсные и информационные каналы, определена совокупность параметров состояния, характер прямых и перекрестных связей, определены источники возмущений. Определен минимальный набор параметров биологического объекта растительного происхождения, который дает возможность контролировать и корректировать адаптационные и продукционные процессы растения. Разработано техническое средство, которое позволяет выполнять измерение биоэлектрического потенциала в режиме текущего времени.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, растение, биоэлектрический потенциал, технология, параметры состояния, электромагнитное излучение

CONCEPTION OF CREATION OF BIOTECHNICAL IN PLANT-GROWER

L. Nykyforova

Abstract. *For the decision of food and ecological problem, necessary creation of high-yield sorts of plants, but it needs long-term plant-breeding and agronomical work. One of ways of acceleration of this process there is creation of biotechnical CAS with the use of plants in quality of information generator about the terms of life-support.*

In research of plant, as an integral biosystem, there was a paradoxical situation to this time: at sufficient plenitude of information about the primary processes of exchange of matters and developed theory of productive process, description of vital functions of integral plant appears utterly difficult. An integral plant behaves fully otherwise, what aggregate of cages, and its vital functions are not taken to the aggregate of physiology processes. Complications which arise up at the attempt of description of vital functions of plant, connected mainly, with absence of adequate models.

The numeral real and practical effects in a plant-grower, got the method of casual tests, can not give optimum statistically reliable information. The most perspective way of decision of this question is realization of conception of creation of the closed automated vegetable biotechnical systems, with the use of plant, in the link of zvorotnego connection, in quality of information generator.

A research purpose is a ground of going near creation of CAS of management adaptation and productivity of plants, on the base of application of external electro-physical influences and hardware's which allow to control the reaction of vegetable biological organism on such family influences.

On the basis of researches of domestic and oversea researchers a conclusion is done about expedience of the use of bioelectric descriptions in quality of objective test of the functional state of plants. Both environment and plant, there is difficult object. Intercommunications are in-process analyzed in the system a plant is an environment, the resource and informative ducting's, certain aggregate of parameters of the state, character of direct and cross connect, found out sources of indignations are selected. Certainly minimum set of parameters of biological object of phytogenous, which enables to control and correct the adaptation and products processes of plant. A hardware is developed, that allows to execute measuring of bioelectric potential in the mode of current time.

Key words: *automated control system, plant, bioelectric potential, technology, state parameters, electromagnetic radiation*