

МЕХАНІЗМ АКТИВАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ РОСЛИН ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ НИЗЬКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Никифорова Л. Е., Богатирьов Ю. О.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Робота присвячена поясненню механізму активації процесів життєдіяльності рослин завдяки впливу низькоенергетичного електромагнітного випромінювання. Показано, що під впливом цієї дії мають місце резонансні явища та самоорганізація системи.

Постановка проблеми. Безпосередній вплив на живі організми електромагнітних випромінювань (ЕМВ) низької інтенсивності вивчався багатьма науковими школами. Такі дослідження проводилися як в медичних, так і в оборонних цілях. Однак до кінця механізм дії ЕМВ низької інтенсивності на біологічні об'єкти не розкритий і дослідження в цьому напрямку є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду наукових літературних джерел та власних досліджень, виявлено ефекти підвищення ефективності дії ЕМВ радіодіапазону при зниженні дози впливу; зафіксований позитивний вплив різних частот модуляції при рівності енергетичних доз опромінення; спостерігається інверсія націленості даної частоти при зміні інтенсивності впливу [1, 2, 3]. Всі ці ефекти мали місце при дуже низькій інтенсивності модульованих хвиль (менш 1...10 мкВт/см²), на відміну від рівня мВт/см², при якому цих ефектів не було.

Логічним поясненням біологічних ефектів низької інтенсивності може бути сполучення: резонансного збудження радіохвилями специфічного об'єкта в рослинному організмі; здатність цього об'єкта, своєрідної антени, утворювати самопідсилюючийся та триваючий процес, що має важливе функціональне значення; здатність цієї антени створювати інформаційний вплив, тобто змінювати стан біологічних макромолекул та клітин при поглинанні особливо слабких радіохвиль визначеного діапазону.

Мета статті. Метою даної статті є спроба пояснення, з фізико-математичної точки зору, механізму впливу ЕМВ низької інтенсивності на рослини.

Основні матеріали дослідження. Трактуючи такий вплив можна дати, якщо припустити наявність колективних взаємодій великої кількості часток-акцепторів ЕМВ з зовнішнім полем. В цьому випадку частки будуть рухатися як одна частка з величезним зарядом та масою, тобто утворюють кластер у фазовому просторі. Для реалізації такого процесу в системі повинна мати місце самоорганізація, представником якої є специфічний резонанс. Суть його полягає в тому, що енергія зовнішнього поля переходить у енергію механічних коливань в'язкопружного середовища, що має частки-акцептори ЕМВ. Роль такого середовища в біологічних об'єктах можуть відігравати ліпідні мембрани, макромолекули, колоїдні структури, поверхнева товща води, тощо. Сумісна дія зовнішніх сил та коливань в'язкопружного середовища приводить до цілеспрямованого дрейфу часток-акцепторів, у результаті чого можуть утворюватися в

системі структури порядку. В такому випадку, коливання часток – акцепторів, під впливом зовнішнього поля, складаються синфазно, що призводить до росту енергії коливального процесу, який може перевищити тепловий шум.

Формалізація цього процесу приводить до уявлення його у вигляді струни, що описує пружні властивості середовища, в якій знаходяться частки. Тоді гамільтоніан модельної системи можна записати у вигляді:

$$H = \sum_i \left(\frac{m}{2} (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2) + F y_i \right) + \frac{1}{2} \int_0^L \left(\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) dx, \quad (1)$$

де m – маса частки;

F – сила, що діє на частки з боку зовнішнього поля;

ρ і T – щільність і натяг струни відповідно;

L – довжина струни.

Перша складова являє собою енергію часток, а друга – енергію пружних хвиль.

Рівняння зв'язку запишемо в такий спосіб:

$$y_i = u[x_i(t), t], \quad (2)$$

воно означає, що в будь-який момент часу частка з координатою x_i знаходиться на струні. Підставивши цей вираз в гамільтоніан (1) отримаємо:

$$H = \sum_i \left(\frac{m}{2} \left(\dot{x}_i^2 + \dot{u}^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial x_i} \right)_{+H_u}^2 \dot{x}_i^2 + 2u \frac{\partial u}{\partial x_i} \dot{x}_i \right) + F u_i \right), \quad (3)$$

де H_u – енергія коливань струни.

Будемо вважати коливання малими, і одержимо рівняння руху частки у виді:

$$m \left(\ddot{x}_i + \ddot{u} \frac{\partial u(x_i, t)}{\partial x_i} \right) = F \frac{\partial u(x_i, t)}{\partial x_i} - \beta x_i.$$

У цьому рівнянні феноменологічно введено тертя частки об струну, пропорційне швидкості частки з коефіцієнтом β . Будемо також вважати тертя достатньо великим і в результаті одержимо:

$$x_i = \frac{1}{\beta} \left(F - m \frac{\partial^2 u(x_i, t)}{\partial t^2} \right) \frac{\partial u(x_i, t)}{\partial x_i}, \quad (5)$$

Для розв'язання рівняння необхідно визначити функцію $u(x_i, t)$ в явному виді. Іншими словами, пот-

рібно вирішити задачу про коливання навантаженої струни з зосередженими силами. Розглянемо спочатку чисельно еволюцію модельної системи.

Переміщення струни в часі моделювали методом Рунге-Кутта четвертого порядку. Положення часток на струні розраховували за допомогою рівняння руху методом Ньютона.

Результати чисельного моделювання показали, що в міру росту когерентності коливань часток відбувається сильне зростання сумарної енергії системи і, як наслідок утворення у фазовому просторі кластера. Поводження часток у рамках цієї системи (після утворення кластера) подібно рухові однієї частки з зарядом, рівним сумі всіх часток.

Далі опишемо динаміку струни і часток аналітично.

Рівняння руху струни має вигляд:

$$\rho \ddot{u} = Tu'' - \rho \gamma \dot{u}, \quad (6)$$

де γ – коефіцієнт тертя, віднесений до щільності струни.

Будемо вирішувати це рівняння операторним методом. Для цього введемо оператор Хевісайда p , що має місце у випадку нульових початкових умов, які впливають властивостями $\ddot{u} = p^2 u$, $\dot{u} = pu$. Підставляючи ці вирази в рівняння коливань (6), одержимо:

$$u'' = \frac{p^2 + \gamma p}{c^2} u, \quad (7)$$

Далі будемо сприймати оператор p як число. При цьому рішення рівняння (7) можна представити у вигляді:

$$u = A \sinh \lambda x + B \cosh \lambda x. \quad (8)$$

де A і B – константи, що залежать від граничних умов, а параметр λ визначається виразом:

$$\lambda = \left(\frac{p^2 + \gamma p}{c^2} \right)^{1/2}. \quad (9)$$

У якості граничних умови оберемо нерухомі межі:

$$u(0) = u(L) = 0. \quad (10)$$

У розглянутих системах роль нерухомих меж можуть грати масивні частки, від яких відбивають пружні хвилі, що поширюються в середовищі.

Після перетворень, вираз для середньої (за часом) енергії частки має вигляд:

$$\frac{m}{2} \left(\frac{d(x_i, t)}{dt} \right)^2 =$$

$$= N^2 \frac{m F_0^2}{4 \rho T} \frac{\sin^4 \frac{\omega L}{2c} \left(1 - \Theta \left(\sin \frac{\omega L}{2c} \right) \right) + \cos^4 \frac{\omega L}{2c} \Theta \left(\sin \frac{\omega L}{c} \right)}{\sin^2 \frac{\omega}{2c} L + \left(\frac{\gamma L}{2c} \right)^2}.$$

Звідси, видно що сила, яка діє на індивідуальну частку, збільшилася в N^2 разів. При досить великому значенні N ця сила може перевищити теплову енергію частки.

Висновки. Таким чином, очевидно, що має місце явище самоорганізації, що й пояснює значну активацію процесів життєдіяльності рослин і насіння (підвищення сили росту, поліпшення схожості та ін.) при дуже низьких енергетичних впливах (10^{-2} , 10^{-12} Вт/см²).

Список використаних джерел

1. Бецкий О. В. О вероятностно-статистическом подходе к изучению процессов электронно-ионной технологии / О. В. Бецкий, Н. Д. Девятков, В. В. Кислов // Биомедицинская электроника. – 1998. – Вып. 4. – С. 13 – 18.
2. Zhadin M. N. Mechanism of Action of Weak Electromagnetic Field on ionic Currents in Aqueous Solutions of Amino Acids / M. N. Zhadin // Bioelectromagnetics. – 2007. – V. 22. – P. 27 – 32.
3. Бинги В. Н. Некоторые закономерности применения физических воздействий для активирования прорастания семян / В. Н. Бинги // Биофизика. – 1997. – Т. 42, Вып. 2. – С. 338 – 341.

Аннотация

МЕХАНИЗМ АКТИВАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Никифорова Л. Е., Богатырев Ю. О.

Работа посвящена пояснению механизма активации процессов жизнедеятельности растений, благодаря влиянию низкоэнергетического электромагнитного излучения. Показано, что под влиянием этого действия имеют место резонансные явления и самоорганизация системы.

Abstract

THE MECHANISM OF INFLUENCE LOW ENERGY OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON HOthouse CULTURES

L. Nikiforova, Y. Bogatyrev

Job is devoted to an explanation of the mechanism of activation of ability to live of plants due to influence low energy of electromagnetic radiation. Is shown, that under influence of this action the resonant phenomena and self-organizing of system take place.