

## ОБГРУНТУВАННЯ ДІАПАЗОНУ ЗМІНИ БІОТРОПНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКА

Чорна М. О., Косуліна Н. Г.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Проведено аналіз математичної моделі взаємодії інформаційного електромагнітного поля з насінням соняшника для визначення діапазону зміни біотропних параметрів.*

**Постановка проблеми.** Підвищення врожайності та олійності насіння соняшнику слід розглядати як стратегічний напрямок сільськогосподарського виробництва в Україні. Тому актуальним завданням є розробка нових економічних, ефективних і екологічно безпечних технологій, спрямованих на підвищення врожайності та якості насіння соняшнику.

Одним з таких напрямків є використання інформаційного ЕМП НВЧ діапазону. Тому для вирішення даної задачі є необхідною розробка математичної моделі, на основі якої визначався б можливий діапазон зміни біотропних параметрів ЕМП для передпосівної обробки насіння соняшника.

**Аналіз попередніх досліджень.** Дослідження по впливу ЕМП високої частоти (ВЧ), надвисокої частоти (НВЧ) і надвисокої частоти (КВЧ) на насіння різних культур показують, що вони при певних енергоінформаційних параметрах ЕМП можуть підвищити схожість і енергію проростання насіння до 30%.

Рослини, вирощені з обробленого насіння ЕМП НВЧ і КВЧ діапазонів сходять на кілька днів раніше контрольних, мають перевагу по вегетативній масі і по врожайності до 30...40%, некондиційні насіння досягають рівня кондиційних [1, 2]. Але в даному випадку застосування електромагнітних полів вимагає точного визначення біотропних параметрів, що дозволить домогтися підвищення врожайності та олійності соняшнику.

**Мета статті.** Провести аналіз математичної моделі взаємодії ЕМП з насінням соняшника для визначення діапазону зміни біотропних параметрів.

**Основні матеріали дослідження.** Підвищення врожайності і якості насіння соняшника можливо через їх передпосівну обробку інформаційних ЕМП з певними біотропними параметрами. Отже, для визначення біотропних параметрів ЕМП повинна бути побудована модель, що дозволяє визначити діапазон зміни даних параметрів (частота, потужність, експозиція, модуляція) для передпосівної обробки насіння соняшника.

Був проведений теоретичний аналіз по визначенню біотропних параметрів інформаційного модульованого ЕМП. Для визначення резонансної частоти, індексу модуляції і величини напруженості електричного поля для опромінення насіння соняшнику була розроблена модель у вигляді сфероїда з відносною діелектричною проникністю  $\epsilon$  і магнітною проникністю  $\mu=1$ .

В якості збуджуючого електромагнітного випромінювання розглядалася електромагнітна хвиля з

напруженістю електричного поля, що змінюється за законом:

$$\vec{E}^i = \vec{E}_0 (1 + m \sin \Omega t) \sin(\omega t + k(\vec{n}, \vec{R})) \quad (1)$$

де  $k = \frac{\omega}{c}$  - хвильове число,  $c$  - швидкість світла у вакуумі,  $\vec{n}$  - одиничний вектор, що визначає напрям розповсюдження хвилі,  $\omega$  - кутова частота,  $\Omega$  - частота модуляції,  $m$  - коефіцієнт глибини модуляції, що характеризує ступінь зміни амплітуди,  $\vec{E}_0$  - постійний вектор,  $\vec{R} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z$ ,  $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$  - орти Декартової системи координат.

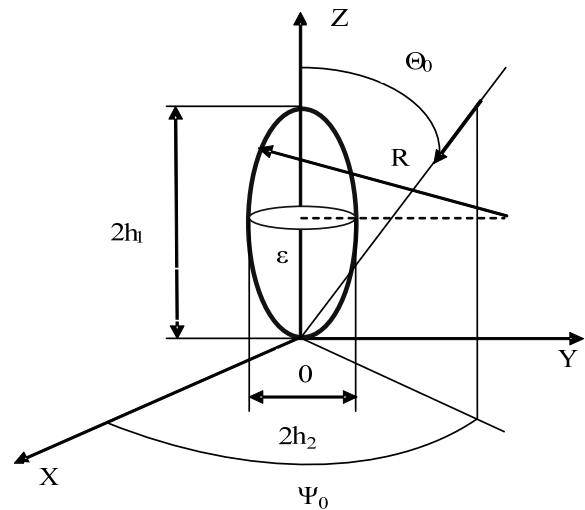


Рисунок 1 – Електродинамічна модель насіння

Збуджуюча хвиля характеризується трьома основними параметрами: частота, частота модуляції та максимальна амплітуда. В результаті взаємодії цієї хвилі з діелектричним сфероїдом (модель насіння соняшника) в ньому збуджується електромагнітне поле. Основною характеристикою цього поля є усереднена за об'ємом сфероїда напруженість електричного поля. Проаналізуємо, як залежить від основних параметрів збуджуючої хвилі ця характеристика.

Аналіз показав, що усереднена напруженість електричного поля  $E_{cp}^+$  визначається рівнянням:

$$E_{cp}^+ = \frac{2\pi}{|V|} \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} E_0^+(\Gamma_2, a(Z_2)) \Gamma_2 d\Gamma_2, \quad (2)$$

де  $|V|$  - об'єм сфероїда,  $\Gamma$  - параметр циліндричної системи координат.

Рішення вихідної задачі про взаємодію модульованої електромагнітної хвилі з діелектричним сфероїдом зведено до розв'язання двох аналогічних задач для хвильових чисел:

$$k_+ = \frac{\omega_+}{c} = \frac{\omega + \Omega}{c}, k_- = \frac{\omega - \Omega}{c}. \quad (3)$$

Тому усереднена за об'ємом сфероїда напруженість електричного поля  $E_{cp}$  визначається рівнянням:

$$E_{cp} = E_{cp}^0 + E_{cp}^+ + E_{cp}^- = \frac{2\pi}{|V|} \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} (E_0^0 + E_0^+ + E_0^-) \Gamma_2 d\Gamma_2. \quad (4)$$

Ці рішення можна отримати за допомогою наближення Борна [3]:

$$\begin{aligned} E_0^\pm &= \frac{mE_0}{2} I_0(k\Gamma_1) + \frac{m(\varepsilon-1)k^2}{4} E_0 \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} I_0(k\Gamma_2) S_0 \Gamma_2 d\Gamma_2 + \\ &+ \frac{m(\varepsilon-1)RE_0}{8} \int_0^L I_0(k\bar{R}(v)) \sin \frac{2v}{R} \frac{\partial S_0}{\partial Z_2} dv, \\ E_0^0 &= -\frac{iE_0}{2} I_0(k\Gamma_1) - \frac{i(\varepsilon-1)k^2 E_0}{4} \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} I_0(k\Gamma_2) S_0 \Gamma_2 d\Gamma_2 - \\ &- \frac{i(\varepsilon-1)RE_0}{8} \int_0^L I_0(k\bar{R}(v)) \sin \frac{2v}{R} \frac{\partial S_0}{\partial Z_2} dv. \end{aligned} \quad (5)$$

Для проведення розрахунків був обраний наступний діапазон частот збуджуючої хвилі 25 ÷ 40 ГГц. Вибір такого діапазону обумовлений двома обставинами. По-перше, відносна діелектрична проникність  $\varepsilon = \varepsilon' - i\varepsilon''$  насіння соняшнику в такому діапазоні практично не має частотної дисперсії і їх реальна частина  $\varepsilon'$  лежить в інтервалі  $3 \leq \varepsilon' \leq 4$ , а уявна частина  $-2 \cdot 10^{-3} \leq \varepsilon'' / \varepsilon' \leq 4 \cdot 10^{-3}$ .

По-друге, в цьому частотному діапазоні довжина хвилі порівнянна з характерними геометричними розмірами насіння і, отже, напруженість електричного поля, збуджуваного всередині насіння, резонансно залежить від частоти.

Для визначення експозиції та величини електричної напруженості поля в насінні соняшнику скористаємося виразом для наведеного потенціалу на мембрані клітини [4].

Це пов'язано з тим, що фізіологічна активність процесів в клітинах визначається наявністю наведеного електричного потенціалу на мембранах клітин, але при цьому слід враховувати, що його величина не повинна перевищувати критичного значення, при якому відбудеться руйнування мембрани [5]:

$$\varphi_{нав} \leq \varphi_{кр} \sqrt{0,376 E_{унр} \frac{d^2}{\varepsilon_m \varepsilon_0}},$$

де  $E_{унр}$  - модуль пружності мембрани,  $d$  - товщина мембрани,  $\varepsilon_m$  - діелектрична проникність мембрани,  $\varepsilon_0$  - електрична стала.

**Висновок.** У процесі теоретичного аналізу розробленої моделі було встановлено, що для передпосівної обробки насіння соняшнику слід використовувати інформаційне ЕМП з параметрами: частота модуляції 100 Гц; індекс модуляції 0,5; напруженість ЕМП 11,7...13,78 В/м; експозиція 250...350 с; діапазон частот 35,8...37,8 ГГц.

#### Список використаних джерел

1. Пилюгина В. В. Электромагнитная стимуляция в растениеводстве (Обзорная информация) / В. В. Пилюгина, А. В. Регуш. - М.: Наука, 1980. - 50 с.
2. Мікрохвильові технології в народному господарстві. Втілення. Проблеми. Перспективи: [Зб. наук. пр. / ред. акад. МАІ Калінін Л. Г.] - Київ-Одеса, 2002. - Вып. 4. - 220 с.
3. Хижняк Н. А. Интегральный уравнения макроскопической электродинамики. Киев: Наук. думка, 1986, 280с.
4. Пиротти Е. Л. Изменение мембранного потенциала клеток биологических объектов, находящихся во внешних электромагнитных полях / Е. Л. Пиротти, А. Д. Черенков // Вестник Харьковского национального университета (ХПИ), 2000. - Вып.92. - С. 96-99.
5. Рубин А. Б. Биофизика. Биофизика клеточных процессов / А. Б. Рубин. - М.: Высшая школа, 1987. - Т.2. - 303 с.

#### Анотація

### ОБОСНОВАНИЕ ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ БИОТРОПНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

Чёрная М. А., Косулина Н. Г.

*Проведен анализ математической модели информационного взаимодействия электромагнитного поля с семенами подсолнечника для определения диапазона изменения биотропных параметров.*

#### Abstract

### JUSTIFICATION OF RANGE-CHANGE OF BIOTROPIC PARAMETERS OF ELECTROMAGNETIC FIELD FOR PRESOWING TREATMENT OF SEEDS OF SUNFLOWER

M. Chorna, N. Kosulina

*The analysis of mathematical models of interaction information electromagnetic fields with sunflower seeds to determine the range-change biotropic parameters.*