

УДК 632.9:631.302

МОДЕЛЬ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ

Лукач В.С.¹, Кушніренко А.Г.²

¹ канд. пед. наук, доцент, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин, Україна;

² канд. техн. наук, доцент, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин, Україна, nni.elektrik@gmail.com

***Анотація.** Дослідження присвячені вивченню поведінки узагальнюючого вектора намагніченості в насінні сільськогосподарських культур при дії на нього продольним постійним та поперечним змінним магнітними полями за методикою ядерного магнітного резонансу.*

На основі проведених теоретичних досліджень визначено величину середньої магнітної сприйнятливості одиниці об'єму насіння χ та величину вектора намагніченості M . Для системи мікрочастин клітини рослинного походження, середня магнітна сприйнятливості одиниці об'єму насіння становить $\chi=2,1 \cdot 10^{-5}$, а вектор намагніченості $M=13,125$ мА/м, при напруженості продольного постійного магнітного поля $H=625$ А/м. При накладанні слабого поперечного змінного магнітного поля $H_1=50-60$ А/м із частотою $\omega_1=860$ Гц відбувається співпадання частот коливання векторів намагніченості M із частотою поля H_1 , що і є умовою виникнення магнітного резонансу. Вектор продольної намагніченості при переході із основного стану у збуджений (резонансний) описує траєкторію у вигляді спіралі на поверхні сфери.

Побудована математична модель для біологічної системи, з урахуванням магнітного поля Землі. Встановлено, що для технології передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур, індуктор, який утворює постійне магнітне поле, необхідно розташувати таким чином, щоб вектор напруженості постійного магнітного поля індуктора співпав із вектором напруженості магнітного поля Землі.

Ключові слова: біоенергетичний резонанс, передпосівний обробіток насіння сільськогосподарських культур, постійне магнітне поле, змінне магнітне поле, продольна та поперечна релаксації.

Актуальність. При вирішенні задач, пов'язаних з розробкою електротехнологій передпосівного обробітку насіння сільськогосподарських культур, виникає проблема встановлення взаємозв'язку параметрів електромагнітного поля (ЕМП) з електрофізичними характеристиками біологічної системи (БС) рослинного походження. При оптимальному їх взаємовідношенні та при співпаданні частоти ЕМП з частотою основних чинників БС відбувається резонансне поглинання енергії поля, що призводить до прискорення біохімічних та фізіологічних процесів цієї системи.

Мета досліджень теоретично дослідити процес біоенергетичного резонансу при передпосівному обробітку насіння сільськогосподарських культу та побудувати математичну модель.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На належному рівні вивчено застосування ядерного магнітного резонансу в різних областях науки: в спектроскопії – для кількісного визначення вмісту певних атомів у речовині, в медицині – для діагностування органів, в квантовій хімії – для визначення констант і т. п. [1-3]. Для стимуляції насіння, росту та розвитку рослин застосування методу ядерного магнітного резонансу вивчено недостатньо.

Застосування метода ядерного магнітного резонансу в технології передпосівної обробки насіння дає можливість більш глибоко зрозуміти механізм впливу магнітного поля на насіння й визначити ефективні режими обробки.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження базуються на основі феноменологічної теорії магнітного резонансу, яку розробив Ф.Блох, яка ґрунтується на тому положенні, що для системи мікрочастин, можна виділити деякі макроскопічні характеристики, які мають зміст середніх значень тих чи інших фізичних параметрів цієї системи.

В нашому випадку об'єктом дослідження є молекула ,клітина, орган (зародок насінини). Припустимо деяке спрощення. Насінина має форму сфери з однорідними по об'єму і постійними протягом певного часу електрофізичними параметрами. Насінину розглядаємо як фізичну точку і це припустимо для технології обробітку протруєного та запакованого в мішкотару насіння без їх розпакування. Насінина має усереднене постійне значення магнітної сприйнятливості, тобто $\chi = const$.

В якості макроскопічної характеристики системи середнього значення, Ф.Блох запропонував використовувати вектор намагніченості M , який відображає суму магнітних моментів одиниці об'єму речовини

$$M = \sum_i \mu_i \quad (1)$$

де μ_i – магнітний момент основних чинників системи.

Для макроскопічних тіл, вектор намагніченості M займає в продольному постійному магнітному полі H встановлене урівноважене положення. Величина вектора намагніченості в даному випадку визначається за виразом

$$M = \chi H \quad (2)$$

де χ – середня магнітна сприйнятливість одиниці об'єму речовини.

При накладанні поперечного змінного магнітного поля H_1 , при спів паданні частот коливання БС і частоти поля H_1 виникає магнітний резонанс. Тобто при $\omega_1 = \omega$, де ω_1 – частота змінного магнітного поля H_1 , ω – частота прецесії вектора намагніченості. Для даного випадку в загальному вигляді система рівнянь Блоха записуються

$$\left. \begin{aligned} \frac{dM(t)}{dt} &= \gamma [M(t) \times H_1(t)] \\ \frac{dM_z(t)}{dt} &= -\frac{M_z(t) - M_0}{T_1} \\ \frac{dM_{\perp}(t)}{dt} &= \frac{M_{\perp}(t)}{T_2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де γ – гіромагнітне відношення вектора намагніченості M до власного моменту БС;

H_1 - поперечне змінне магнітне поле;

M_z - продольна компонента вектора намагніченості;

M_{\perp} – поперечна компонента вектора намагніченості;

T_1 – час продольної (спін - решіткової) релаксації;

T_2 – час поперечної (або спін – спінової) релаксації;

Система диференціальних рівнянь 3 описують поведінку сумарного вектора намагніченості M та його складових M_z і M_{\perp} , які утворилися в результаті накладання продольного постійного магнітного поля H та дії поперечного змінного магнітного поля H_1 . За допомогою

зазначеної системи рівнянь математично описується процес магнітного резонансу даної системи.

Із цієї система диференціальних рівнянь, розглянемо перше рівняння:

$$\frac{dM(t)}{dt} = \gamma[M(t) \times H_1(t)]$$

Якщо це рівняння розписати у вигляді рівнянь для окремих компонент вектора M через визначники та додати відповідні доданки продольної і поперечної релаксації отримуємо систему диференціальних рівнянь у наступному вигляді

$$\left. \begin{aligned} \frac{dM_x(t)}{dt} &= \gamma[M_y(t) \cdot H_z(t) - M_z(t) \cdot H_y(t)] - \frac{M_x(t)}{T_2} \\ \frac{dM_y(t)}{dt} &= \gamma[M_z(t) \cdot H_x(t) - M_x(t) \cdot H_z(t)] - \frac{M_y(t)}{T_2} \\ \frac{dM_z(t)}{dt} &= \gamma[M_x(t) \cdot H_y(t) - M_y(t) \cdot H_x(t)] - \frac{M_z(t) - M_0}{T_1} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Слід зазначити, що рівняння 3 і 4 можна застосувати для проведення теоретичного експерименту з метою визначення складових цієї системи.

Результати дослідження та їх обговорення. Взаємодію вектор намагніченості M із продольним постійним магнітним полем H та поперечним змінним магнітним полем H_1 можна проаналізувати відобразивши векторну схему, яка наведена на рис. 1.

Умовна схема переходу із основного 1 у збуджений 2 стан вектора намагніченості M окремо взятої насінини сільськогосподарської культури наведеною на рис. 2.

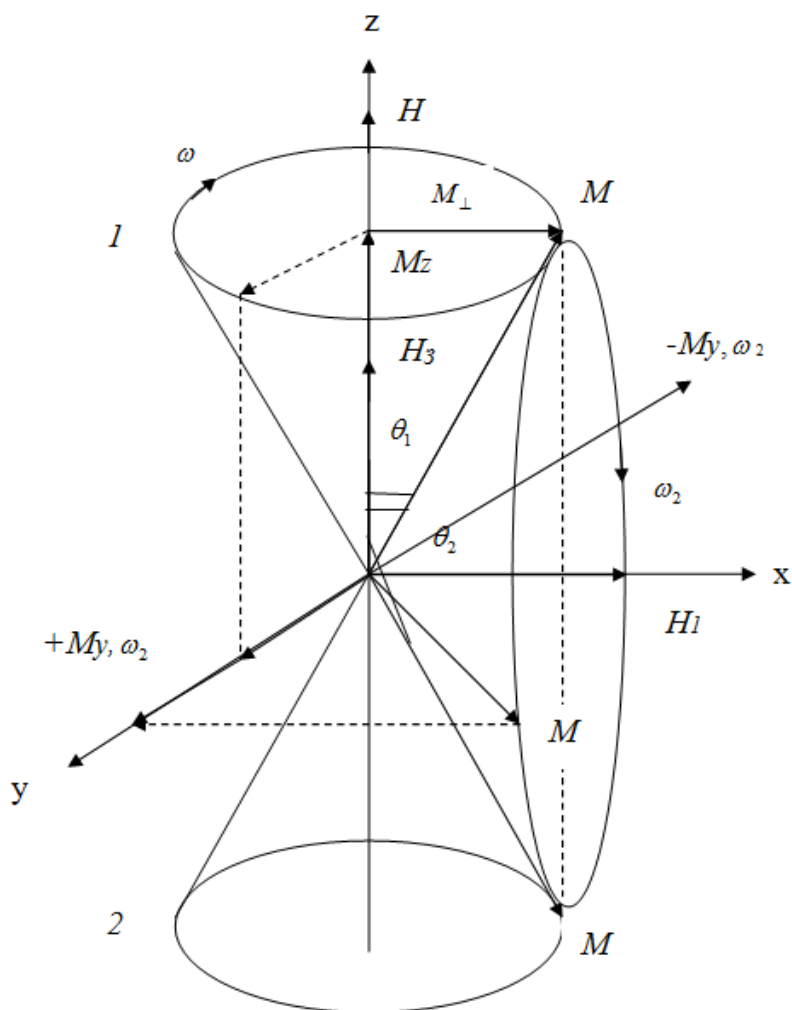


Рис. 1. Взаємодія вектора намагніченості M із продольним постійним магнітним полем H та поперечним змінним магнітним полем H_1

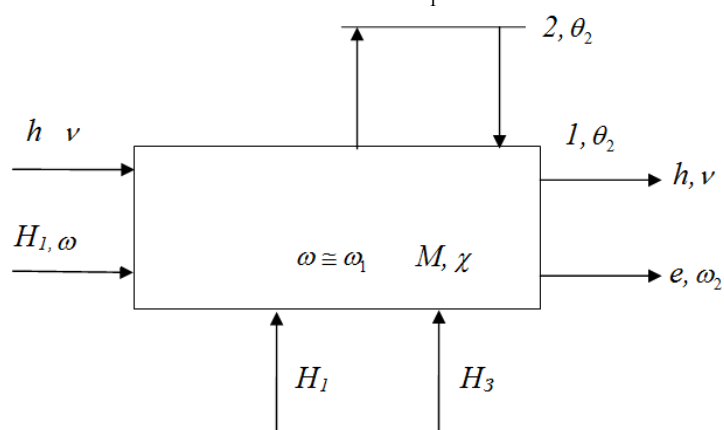


Рис. 2. Умовна схема переходу із основного стану 1 у збуджений (резонансний) стан 2 вектора намагніченості M окремо взятої насінини

Кількісний вміст та магнітні властивості елементів і молекул для клітини рослинного походження наведено у таблиці 1 [1-3].

Таблиця 1. Вміст та магнітні властивості елементів і молекул для клітини рослинного походження

% п. п.	Назва	Хімічне позначення	Вміст, %	χ	M , мА/м	Магнітні властивості
1	Кисень	O	65 - 75	$1,7 \cdot 10^{-5}$	10,625	П.
2	Вуглець	C	15 - 18	-		Н.
3	Водень	H	8 - 10	-		Н.
4	Азот	N	1,5 - 3	$1,3 \cdot 10^{-5}$	8,125	П.
5	Вода	H ₂ O	12	$- 0,9 \cdot 10^{-5}$	-5,625	Д.
6	Σ	-	-	$2,1 \cdot 10^{-5}$	13,125	П.

За виразом 2 та за даними таблиці 2 визначено для системи мікрочастин клітини рослинного походження макроскопічну характеристику, вектор намагніченості M .

Для системи мікрочастин клітини рослинного походження, середня магнітна сприйнятливості одиниці об'єму насіння становить $\chi = 2,1 \cdot 10^{-5}$, а вектор намагніченості $M = 13,125$ мА/м, при напруженості продольного постійного магнітного поля $H = 625$ А/м. При накладанні слабого поперечного змінного магнітного поля $H_1 = 50-60$ А/м із частотою $\omega_1 = 860$ Гц, відбувається співпадання частоти коливання вектора намагніченості M із частотою поля H_1 , що і є умовою виникнення магнітного резонансу

Припустивши, що котушка індуктивності з власним значенням індуктивності L_0 і опором R_0 знаходиться в магнітному полі H і по її обмотці протікає електричний струм $I = I_0 \cos \omega t$ від підключеного генератора і що електричний струм I утворює змінне магнітне поле H_1 , яке перпендикулярне магнітному полі H . При магнітному резонансі в насінні виникатиме комплексна динамічна магнітна сприйнятливості

$$\chi = \chi' - j\chi'' = \frac{[u_0 \cos f(t, t_0) - v_0 \sin f(t, t_0)] \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] + |\gamma| H_1 \int_{t_0}^t M_Z(t') \exp\left[-\frac{(t-t')}{T_2}\right] \sin f(t, t') dt'}{2H_1} +$$

(5)

$$+ j \frac{[u_0 \sin f(t, t_0) + v_0 \cos f(t, t_0)] \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] - |\gamma| H_1 \int_{t_0}^t M_Z(t') \exp\left[-\frac{(t-t')}{T_2}\right] \cos f(t, t') dt'}{2H_1} = \frac{u}{2H_1} + j \frac{v}{2H_1}$$

Оскільки магнітна проникність насіння $\mu = 1 + \chi$ можна визначити індуктивність резонатора (вимірювальна комірка, резонатор)

$$L = \left[\begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} [u_0 \cos f(t, t_0) - v_0 \sin f(t, t_0)] \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] + \\ + |\gamma| H_1 \int_{t_0}^t M_Z(t') \exp\left[-\frac{(t-t')}{T_2}\right] \sin f(t, t') dt' \end{array} \right] \\ 1 + \left(\frac{\quad}{2H_1} \right) - \\ \left[\begin{array}{l} [u_0 \sin f(t, t_0) + v_0 \cos f(t, t_0)] \exp\left[-\frac{(t-t_0)}{T_2}\right] - \\ - |\gamma| H_1 \int_{t_0}^t M_Z(t') \exp\left[-\frac{(t-t')}{T_2}\right] \cos f(t, t') dt' \end{array} \right] \\ - j \left(\frac{\quad}{2H_1} \right) \end{array} \right] L_0$$

(6)

Або

$$L = \mu L_0 = [1 + (\chi' - j\chi'')] L_0 = \left[1 + \left(\frac{u}{2H_1} - j \frac{v}{2H_1} \right) \right] L_0$$

(7)

При проведенні дослідів при $H = const$, інтенсивність сигналу резонансного поглинання енергії поля буде пропорційне лише полю H_1 .

В резонансному режимі, траєкторію у вигляді спіралі на поверхні сфери, буде описувати вектор продольної намагніченості при переході із основного стану 1 у збуджений 2 (резонансний), що і зображено на рис. 3.

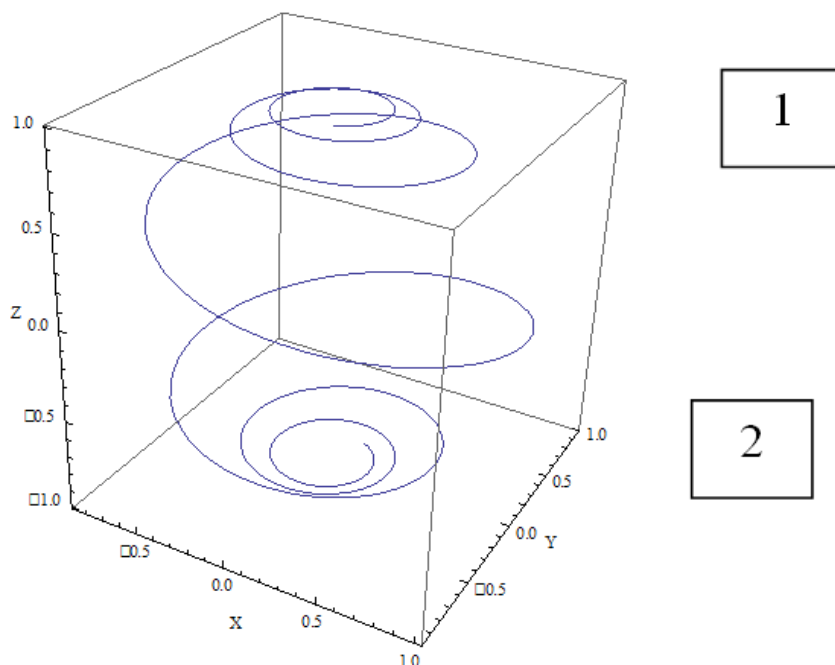


Рис. 3. Траєкторія, яку описує вектор продольної намагніченості на поверхні шару при переході із основного стану 1 у збуджений 2 (резонансний)

Висновки.

Підсумовуючи результати теоретичних досліджень можна констатувати, що:

1. Процес біоенергетичного резонансу, при дослідженні насіння сільськогосподарських культур необхідно описувати із врахуванням напруженості магнітного поля Землі.

2. Індуктор, який створює постійне магнітне поле у досліджувальному зразку, необхідно розмістити в просторі таким чином, щоб його вектор напруженості співпав з напрямом вектора напруженості магнітного поля Землі.

3. Резонатор, виготовляється у вигляді котушки індуктивності із індуктивністю визначеною за виразом 7.

Список літератури

1. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР / Х. Гюнтер / Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 478 с.
2. Чижик В.И. Квантовая радиофизика. Магнитный резонанс и его приложения / В.И. Чижик С-Петербур. ун-та, 2009, 700с.
3. Аминова Р.М. Квантовохимические методы вычисления констант ядерного магнитного экранирования / Р.М. Аминова / Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2002. № 6. С. 11.

References

1. Gunter H. (1984) Introduction to NMR spectroscopy course / H. Gunther / Per. with English. – М.: Mir, 478.
2. Chizhik V.I (2009) Quantum radyofyzyka. Mahnytnyy resonance ego and applications / VI Chizhik – С Peterborough. University Press,700.
3. Aminova R.M (2002) Kvantovohymycheskye methods vychyslenyya constants of nuclear magnetic экраниrovanyya / RM Aminova / Chemistry and Modeling of computer. Butlerov message. № 6, 11.

МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА

Лукач В.С., Кушниренко А.Г.

Аннотация. Исследования посвящены изучению поведения обобщающего вектора намагниченности в семенах сельскохозяйственных культур при воздействии на него продольным постоянным и поперечным переменным магнитными полями по методике ядерного магнитного резонанса.

На основе проведенных теоретических исследований определена величина средней магнитной восприимчивости единицы объема семян χ и величину вектора намагниченности. Для системы микрочастиц клетки растительного происхождения, средняя магнитная восприимчивость единицы объема семян составляет $\chi=2,1 \cdot 10^{-5}$, а намагниченность $M=13,125$ мА/м, при напряженности продольного постоянного магнитного поля $H=625$ А/м. При наложении слабого поперечного переменного магнитного поля $H_1=50-60$ А/м с частотой $\omega_1=860$ Гц происходит совпадение частот колебания векторов намагниченности M с частотой поля, что и является условием возникновения магнитного резонанса. Вектор продольной намагниченности при переходе с основного состояния в

возбужденное (резонансное) описывает траекторию в виде спирали на поверхности сферы.

Построена математическая модель для биологической системы, с учетом магнитного поля Земли. Установлено, что для технологии предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур, индуктор, который образует постоянное магнитное поле, необходимо расположить таким образом, чтобы вектор напряженности постоянного магнитного поля индуктора совпал с вектором напряженности магнитного поля Земли.

Ключевые слова: *биоэнергетический резонанс, предпосевную обработку семян сельскохозяйственных культур, постоянное магнитное поле, переменное магнитное поле, продольная и поперечная релаксации*

MODEL BIOENERGETIC RESONANCE

V.S. Lukach, A.G. Kushnirenko

Abstract. *Research dedicated studied the behavior of magnetization vector synthesis in seed crops by the action of his regular longitudinal and transverse alternating magnetic fields for nuclear magnetic resonance technique.*

On the basis of theoretical studies determined the average value of the magnetic susceptibility χ seeds per unit volume and the value of the magnetization vector. For a system mikrochastyn cells of plant origin, the average magnetic susceptibility per unit volume of seed $\chi=2,1 \cdot 10^{-5}$, and the magnetization $M=13.125$ mA/m, with longitudinal tension constant magnetic field $H=625$ A/m. When imposing weak transverse alternating magnetic field $H_1 = 50 - 60$ A/m with frequency $\omega_1 = 860$ Гц matches frequency oscillation occurs magnetization M of the frequency of the field, which is the condition of magnetic resonance. Vector longitudinal magnetization in the transition from the ground state to an excited (resonance) describes a trajectory in a spiral on the surface of the sphere.

A mathematical model for biological systems, taking into account the Earth's magnetic field. Established that the technology for preplant soil seed crops, inductor, which forms a permanent magnetic field should be placed so that the vector of the constant magnetic field vector coincided with the inductor magnetic field of the Earth.

Key words: *bioenergetic resonance, pre-seed crop cultivation, constant magnetic field, alternating magnetic field, the longitudinal and transverse relaxation.*