

УДК 534.86:621.3.029:633.11

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ УВЧ ДІАПАЗОНУ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСІННЯ

Смердов А.А., д.т.н.,
Петровський О.М., інж.,
Волков С.І., к.хім.н.
Полтавська державна аграрна академія
Тел. (05322)2-29-81

Анотація – запропоновано методику визначення електричних властивостей насіння пшениці. З точки зору сучасних уявлень про структуру і властивості насіння пояснено зміну електричних характеристик під впливом електромагнітного поля. Показано зміну діелектричної проникності, активного опору, і тангенсу діелектричних втрат спричинених опроміненням насіння УВЧ полем.

Ключові слова – насіння, мембрана, потенціал, опромінення, опір, діелектрична проникливість, тангенс втрат.

Постановка проблеми. Передпосівна обробка насіння сільськогосподарських культур електромагнітними полями, зокрема полями УВЧ діапазону, приводить до збільшення схожості і енергії росту і, як наслідок, до підвищення урожайності [1-4]. Рання схожість рослин, після обробки насіння електромагнітними полями, зменшення часу вегетації, призводить до більш рівномірного розподілу, у часі, енергетичного завантаження і ресурсів виробництва, що є визначальним для виробничої ефективності. Збільшення схожості і енергії росту дозволяє зменшити норму висіву насіння, при чому врожайність сільськогосподарських культур по відношенню до контрольної партії, необробленого електромагнітними полями насіння, збільшується.

Механізм позитивного впливу опромінення електромагнітними полями на насіння поки що не з'ясовано. Тому визначення механізму впливу УВЧ опромінення на насіння є актуальною задачею.

Результат дії ультрависокочастотного електромагнітного поля на насіння залежить від електричних характеристик насіння. Крім того, вивчення зміни електричних характеристик після УВЧ – обробки насіння дає певні відомості, що до зміни обмінних процесів у насінні.

Аналіз останніх досліджень. Електричні властивості речовин характеризуються питомим опором і діелектричною проникливістю. Питомий опір визначає активні втрати в матеріалі під час проходження електричного струму. Що стосується діелектричної проникливості, то вона змінюється в залежності від частоти прикладеної змінної напруги. Така залежність має місце в діелектриках, де, крім електронної поляризації, існують інші види поляризації, зокрема дипольна.

Насіння зернових сільськогосподарських культур відноситься до біологічних об'єктів. Тканини біологічних об'єктів мають певні особливості, які стосуються їх електричних властивостей [5]. Активна електрична провідність біологічних тканин обумовлена, переважно, наявністю в тканинах води. Вода в тканинах знаходиться в міжклітинному середовищі і в самих клітинах [6]. Вільними носіями заряду є розчинені в цій воді іони, переважно Na^+ , K^+ , Cl^- та ін. Концентрація іонів в воді така, що дії зарядів в ній компенсуються. Отже середовище всередині клітини і міжклітинне середовище є електрично нейтральне, а відповідно має лише активну складову опору. Таким чином, чим більший вміст води, тим більша провідність тканин і тим менший її активний опір.

В склад тканин входять біологічні мембрани клітин. Вони являють собою тонкі стінки, які складаються із двох шарів білку розділених шаром молекул ліпідів (жирів). Кожен такий шар має товщину близько 3,0 нм, а товщина всієї мембрани складає 9,0 нм.

Ліпід який поміщено на поверхню води буде розтікатися і товщина його шару може зменшуватися до товщини однієї молекули (моношар) [7]. В такому стані полярні головки ліпиду (гідрофільні) повернені до води, а неполярні «хвости» (гідрофобні) орієнтовані в протилежний бік. В принципі біологічна мембрана складається з двох шарів ліпиду (ліпідний бішар), які упорядковані таким чином, що полярні групи обернені до внутрішнього або міжклітинного водного середовища.

Гідрофобні шари утворюють внутрішню частину мембрани. Ця частина поводить себе як діелектрик (ізолятор). Мембранні білки – це дискретні утворення, які глибоко занурені в мембрану [8]. Транспортні білки, ті що приймають участь в переносі іонів, пронизують мембрану наскрізь. Вважається, що білки не закріплені в мембрані, а мають деяку свободу руху. Можна виділити два типи переносу іонів через мембрану. Перший вид, це так званий пасивний транспорт речовин (дифузія), другий вид, це активний транспорт речовин (робота іонних насосів). Оскільки іони несуть електричні заряди, а мембрана характеризується певною електричною ємністю, заряди накопичуються, що призводить до виникнення різниці потенціалів на мембрані (потенціалу дії). В той час, коли в тканинах здійснюються обмінні

процеси мембрани поляризовані. На внутрішній стороні мембрани накопичуються негативні заряди, а на зовнішній – позитивні. Різниця потенціалів між внутрішньоклітинним і міжклітинним простором складає -70 мВ. Потенціал в міжклітинному середовищі вважається рівним нулю. Зауважимо, що надлишок зарядів з кожної сторони мембрани існує тільки на її поверхні, рідина з кожної сторони мембрани електрично нейтральна.

Так як мембрана дуже тонка, факт існування різниці потенціалів 70 мВ означає, що напруженість електричного поля всередині мембрани дуже велика і складає $7,8 \cdot 10^6$ В/м. Хоча напруженість поля всередині мембрани дуже велика, необхідно відносно небагато іонів для її підтримання. Поляризація мембран здійснюється за рахунок переважно роботи іонних насосів (зокрема $K^+ - Na^+$ – насоса).

Таким чином, поляризована мембрана з електричної точки зору являє собою плоский конденсатор із значним струмом витоку. Струм витоку існує за рахунок вбудованих в мембрану білків, що являють собою провідники, а також за рахунок пористості мембрани. Порушення біоенергетичних процесів в клітині і роботи $K^+ - Na^+$ – АТФази призводить до зменшення мембранного потенціалу [6-8]. Порушення клітинної мембрани призводить до підвищення її проникності для всіх іонів. За рахунок зменшення проникності абсолютне значення мембранного потенціалу знижується. Для сильно пошкоджених клітин мембранний потенціал дуже малий, але все ж зберігається деякий від'ємний потенціал за рахунок вмісту в клітині поліаніонів – негативно заряджених білків, нуклеїнових кислот та інших великих молекул, що не можуть проникнути через мембрану. При повному руйнуванні мембрани мембранний потенціал зникає повністю, а відповідно таку тканину вважають мертвою.

Наявність у біологічних тканинах поляризованих мембран приводить до того, що крім активного опору біологічні тканини характеризуються ще і ємнісним опором. Взагалі опір біологічних тканин, внаслідок вищезгаданих причин, буде комплексним. Мембрану клітини можна представити в вигляді паралельно з'єднаних активного опору і ємності (реактивного ємнісного опору). Опори міжклітинного і внутрішньоклітинного середовища будуть мати тільки активну складову. При порушенні обмінних процесів і руйнації мембран ємнісна складова комплексного опору буде зменшуватись.

Останні дослідження свідчать про те, що різні впливи на насіння призводять до зміни його електричних параметрів. Проведені досліді з газорозрядної візуалізації ГРВ (метод Керліан) свідчать про збільшення світимості об'єкту (насіння) після впливу на нього інформаційними електромагнітними полями КВЧ діапазону [9]. Це пов'язано, перш за все, із збільшенням інтенсивності обмінних процесів.

Виявлено зміну іонного струму в клітинах насіння під впливом низько енергетичного електромагнітного поля КВЧ діапазону, що призводить до зміни мембранного транспорту, а відповідно і електричних властивостей оброблюваного насіння [10].

Порівняльна оцінка електричних властивостей чистого і зараженого рисовим довгоноскоком зерна пшениці виявляє збільшення його діелектричної проникності, що свідчить про зниження обмінних процесів і погіршення якості насіння [11].

Таким чином аналіз свідчить про зміну електричних параметрів насіння під впливом різних зовнішніх факторів, а також виявляє доцільність подальших досліджень в цій галузі.

Формулювання мети статті. Метою роботи є визначення змін електричних параметрів насіння озимої пшениці після обробки електромагнітним полем ультрависокочастотного (УВЧ) діапазону. Теоретична інтерпретація одержаних результатів з урахуванням структури і властивостей насіння.

Основна частина. Визначення електричних характеристик насипного насіння озимої пшениці проводили за допомогою вимірювача добротності (Q-метра) Е-4-4. Діапазон частот генератора цього приладу знаходиться в межах від 50кГц до 35МГц. Вимірювання проводились на частотах 3,6,9,12МГц. Використовувався метод розстроювання ємності. Насіння насипали у вимірювальну комірку в якій знаходилися дві паралельні металеві пластинки, що утворювали плоский конденсатор. Діелектриком такого конденсатора виступало насипане в комірку насіння. Для вимірів застосовували котушки з попередньо визначеними значеннями індуктивності і добротності.

Вимірювали характеристики необробленого насіння (контрольна партія) і насіння оброблене електромагнітним полем УВЧ діапазону. Опромінення УВЧ полем проводили на частоті 27,12МГц за допомогою апарата УВЧ-60 Мед ТеКо. Потужність опромінення складала 60Вт, а тривалість обробки 5хв.

Для обробки насіння УВЧ полем і для вимірювання його електричних характеристик використовувалося не зволожене насіння, його вологість складала приблизно 5%.

За допомогою Q метра вимірювали комплексний опір, тобто активну і ємнісну складові опору. Для визначення цих характеристик використовували паралельну схему з'єднання ємності і активного опору. Це дозволило розрахувати діелектричну проникливість і питомий опір насипного насіння за формулами:

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}, \quad (1)$$

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}, \quad (2)$$

де ε – діелектрична проникливість;
 C_0 – ємність вимірювальної комірки, пФ;
 C – ємність комірки з насінням, пФ;
 ρ – питомий опір насипного насіння, Ом·м;
 R – визначене значення активного опору при паралельному з'єднанні ємності і опору, Ом;
 S – площа електродів вимірювальної комірки, м²;
 l – відстань між електродами, м.

Експериментальні результати визначення діелектричної проникливості, активного опору і тангенса діелектричних втрат для неопроміненого і опроміненого насіння наведені на рисунках 1–3.

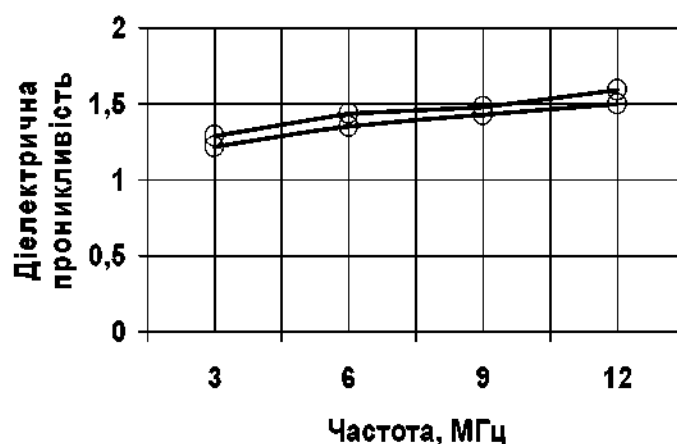


Рис.1. Залежність діелектричної проникливості опроміненого (нижня крива) і неопроміненого (верхня крива) зерна пшениці від частоти.

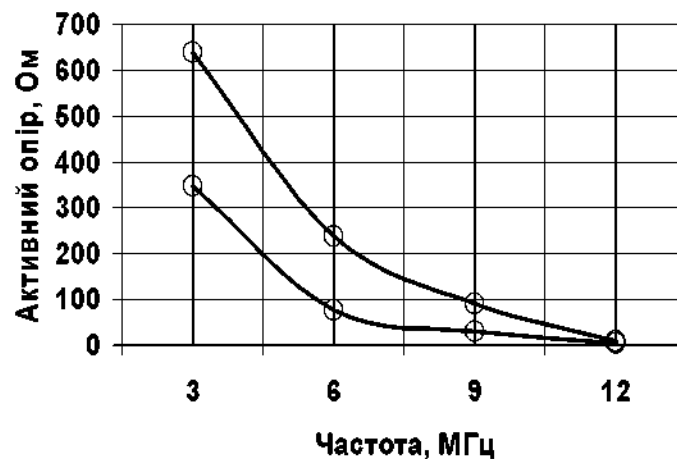


Рис.2. Залежність активного опору опроміненого (нижня крива) і неопроміненого (верхня крива) насіння від частоти.

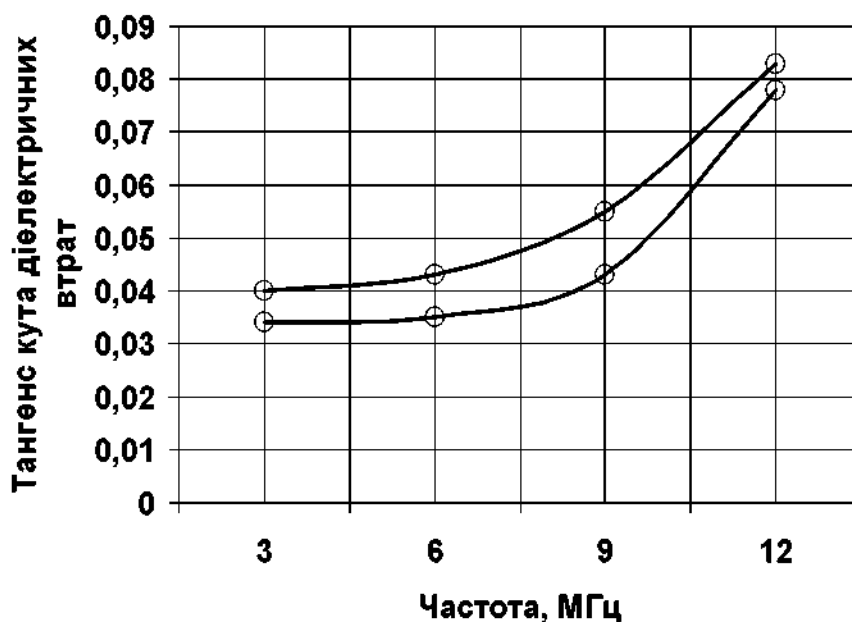


Рис.3. Залежність тангенса діелектричних втрат опроміненого (верхня крива) і неопроміненого (нижня крива) насіння від частоти.

З наведених результатів видно, що обробка насіння полем УВЧ впливає на його електричні характеристики. Слід зазначити, що в досліді використовувалося сухе насіння, тобто насіння яке спеціально не зволожували. Внаслідок цього ємнісна складова комплексного опору значно перевищує його активну складову і дозволяє, в даному випадку, вважати зерно діелектриком. Іншою особливістю є те, що зерно не можна представити у вигляді однорідного діелектрика в якому відбувається тільки один з відомих видів поляризації (електронна, дипольна, об'ємно-зарядна) [12]. В склад зерна входять біологічні мембрани, стан яких суттєво впливає на електричні властивості. Степінь поляризації мембран певним чином змінюється при дії будь яких зовнішніх подразників [12].

Із збільшенням частоти активні втрати збільшуються внаслідок того, що іони частіше вимушені робити перескоки через мембрану на що витрачається більша енергія. Цей висновок підтверджується результатами виміру активного опору і тангенса кута діелектричних втрат.

Опромінене насіння характеризується меншим значенням активного опору для паралельної схеми вимірювання, що на нашу думку пов'язано із збільшенням проникливості мембран після опромінення зерна полем УВЧ. Можливо певне значення, в даному випадку, відіграють прояви стохастичного резонансу [13].

Висновки. Встановлено, що обробка насіння пшениці електромагнітним полем УВЧ діапазону впливає на його електричні характеристики: діелектричну проникність, активний опір, тангенс діелектричних

них втрат. Одержані результати можна пояснити зміною проникливості мембран після опромінення.

Література

1. Интенсификация тепловых процессов подготовки семян к посеву энергией ВЧ и СВЧ : рекомендации. – М. : Агропромиздат, 1989. – 40 с.
2. Черепнев А.С. Методологические аспекты предпосевной подготовки сельскохозяйственных культур, включающей их обработку электромагнитным полем / А.С. Черепнев, Е.В. Журенко // Вісник ХДТУСГ. – Харків, 2000. – С.211-214.
3. Мараквелидзе М.А. Результаты производственных испытаний предпосевной обработки семян в поле коронного разряда / М.А. Мараквелидзе, М.И. Гольдбаум, З.Р. Одикадзе // Сб. науч. тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск : ЧИМЭСХ., 1977. - №121. – С.104-106.
4. Черенков А.Д. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / А.Д. Черенков, Н.Г. Косуліна // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. – Харків : ХНАМГ, 2005. - №5. – С. 77-80.
5. Данович К.Н. Физиология семян / К.Н. Данович, А.М. Соболев, Л.П.Жданова, И.Э. Илли [и др.]. – М. : Наука, 1982. – 318 с.
6. Посудін Ю.І. Біофізика / Ю.І. Посудін. – К. : Урожай, 1995. – 222 с.
7. Мэрион Дж. Б. Общая фізика с биологическими примерами: Пер. с англ. / Дж. Б. Мэрион ; под ред А.Д. Суханова. – М. : Высшая школа, 1986. – 623 с.
8. Максимов Г.Б. Изучение роли АТФаз в регуляции ионного транспорта / Г.Б. Максимов, А.Ю. Батов ; под ред. В.А. Опритова // Биоэлектрическая активность и мембранный транспорт у растений : межвузовский тематический сборник научных трудов. – Горький : ГГУ, 1988. - С52-56.
9. Косуліна Н.Г. Науково-технічні основи побудови інформаційних електромагнітних технологій підвищення продуктивності біооб'єктів рослинництва : автореф. дис. док. техн. наук: 05.09.16 / Наталія Геннадіївна Косуліна ; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2007. – 40 с.
10. Никифорова Л.Є. Низькоенергетичні електромагнітні технології для активізації насіння тепличних культур : автореф. дис. док. техн. наук: 05.11.17 / Лариса Євгенівна Никифорова ; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2009. – 40 с.

11. Федюшко Ю.М. Исследование диэлектрической спектроскопии биообъектов на импульсном рефрактометре пикосекундного диапазона / Ю.М. Федюшко, А.Д. Черенков // Энергосбережение энергетика энергоаудит. Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. – Харьков : ООО «СВЭКО», 2009. – №1. – С.17-19.

12. Дроздов Н.Г. Электроматериаловедение / Н.Г. Дроздов, Н.В. Никулин. – М. : Высшая школа, 1968. – 310 с.

13. Иванов И. Особенный резонанс / И. Иванов // Открытия и гипотезы. – М. : 2008. – №7. – С. 24-27.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ УВЧ ДИАПАЗОНА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕМЯН

Смердов А.А., Петровський А. Н., Волков С.И.

Аннотация - предложена методика определения электрических свойств семян пшеницы. С точки зрения современных представлений о структуре и свойствах семян обосновано изменение электрических характеристик под воздействием электромагнитного поля. Показано изменение диэлектрической проницаемости, активного сопротивления, и тангенса диэлектрических потерь вызванных облучением семян УВЧ полем.

EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS UHF ON THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS SEEDS

A. Smerdov, A. Petrovskiy, S. Volkov

Summary

The proposed method of determining the electric FIR properties of wheat seeds. From the perspective of contemporary representations of the structure and properties of the seeds justified the change of electrical characteristics under the influence of the electromagnetic field. The change of dielectric constant, resistance and dielectric loss tangent of radiation-induced seed UHF field.