

УДК 621.3: 631.53.027.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЗИ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ В СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛЯХ

С. М. Усенко, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: usenko2@bigmir.net

Анотація. *Тривале застосування отруйних хімікатів призводить до непоправного екологічного збитку. На сучасному етапі розвитку сільського господарства все більше уваги вчених і практиків спрямовано на використання екологічно чистих методів обробітку насіння сільськогосподарських культур із метою збільшення врожайності і покращення зберігання.*

Принципово новим напрямом є використання електричного поля високої напруженості, під дією якого у повітряних включеннях зернової маси відбуваються часткові розряди, що супроводжуються іонізаційними процесами. Як наслідок – у всьому об'ємі зернової маси, яка перебуває між електродами, буде утворюватися озон.

Обґрунтування енергоефективних режимів обробки зерна в електричному полі високої напруженості дасть змогу підвищити якість насінневого матеріалу та ефективність зберігання зерна.

В статті представлені результати досліджень застосування різних видів електричних полів високої напруженості з метою передпосівної обробки насіння та знезараження зернових. Встановлено ефективні дози обробки для передпосівної та знезаражуючої обробки

Ключові слова: *зернова маса, насіння, сильне електричне поле, комірні шкідники, розрядні процеси, мікрофлора*

Актуальність. *Збільшення виробництва й підвищення якості продукції рослинництва можливе шляхом зменшення втрат врожаю та максимального використання потенційних біологічних можливостей насінневого матеріалу.*

Нині обробка зерна з метою стимуляції ростових процесів, знезараження шкідливої мікрофлори здійснюється переважно хімічними засобами. Але використання хімічних засобів має такі негативні наслідки: забруднення

навколишнього середовища отрутохімікатами і їх накопичення у ґрунті, у продукції рослинництва; трудомісткість при виконанні робіт.

Тому у передових країнах світу затверджено державні програми створення екологічно чистого сільськогосподарського виробництва на основі зменшення використання пестицидів та розробки альтернативних методів обробки рослин. Особлива увага приділяється електрофізичним методам, які передбачають обробку насіння електромагнітним, іонізуючим, світловим, ультрафіолетовим, лазерним випромінюванням і т.д.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження розроблено способи обробки зернової маси в електричному полі високої напруженості (рис.1.)[1,2,3].

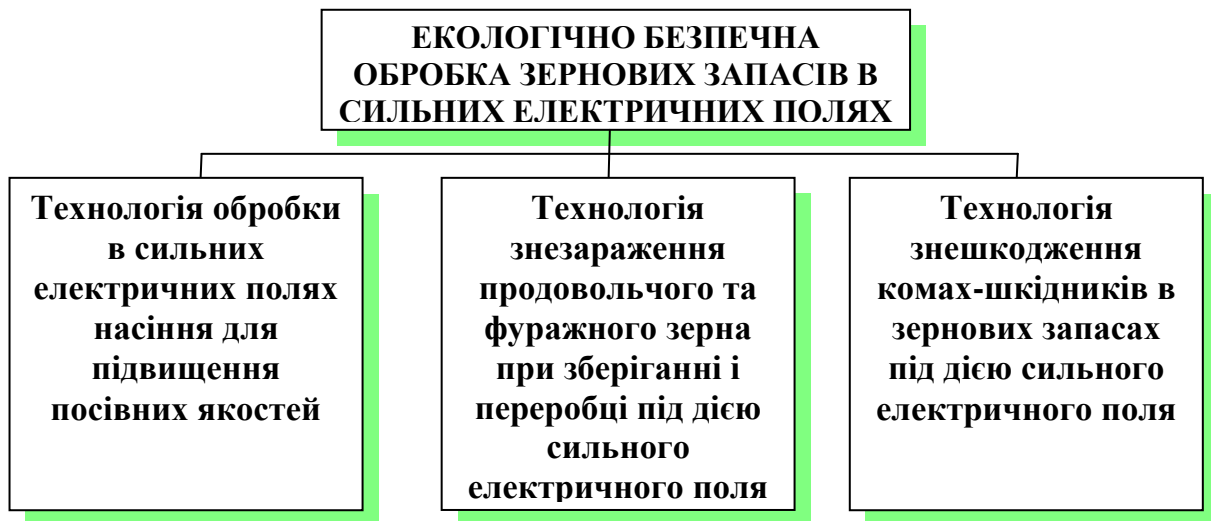


Рис.1. Напрямки використання сильних електричних полів в зерновій галузі

Для здійснення цих способів розроблено лабораторну установку з джерелом високої напруги [2].

В установках електротехнологічних процесів, де застосовується висока напруга, діючим фактором є електричні поля високої напруженості, тобто поля з напруженістю електричного поля більше 1 кВ/см. Такі установки повинні

відповідати таким вимогам: забезпечувати плавне регулювання напруженості електричного поля в межах 0...10 кВ/см; забезпечувати автоматичне відключення установки при перевантаженні; забезпечувати безпечну працю обслуговуючого персоналу.

Розроблена електротехнологічна установка відрізняється своєю універсальністю. На одній і тій же установці можна виконувати обробку цілого ряду насіння сільськогосподарських культур без зміни конструктивних параметрів, робочих органів і додаткових налагоджень. Універсальність цієї установки полягає також і в тому, що обробляти можна насіння як для покращення посівних якостей так і з метою збільшення ефективності зберігання.

Мета дослідження – встановити ефективні дози обробки зернових в сильних електричних полях.

Матеріали та методи дослідження. Досліджуючи зернову масу під дією електричного поля високої напруженості, було встановлено виникнення часткових розрядів, що супроводжуються іонізаційними процесами в повітряних проміжках зернової маси. Результатом іонізаційних процесів є утворення озону, який відомий своїми бактерицидними властивостями.

Встановлення процесу утворення озону у всьому об'ємі зернової маси під дією електричного поля високої напруженості відкриває нові технологічні можливості для екологічно чистої обробки зерна різних сільськогосподарських культур.

Результати досліджень та їх обговорення. Для ефективної передпосівної обробки необхідне більш глибоке вивчення питання нормування параметрів режиму обробки. Важливо знайти узагальнений параметр (дозу впливу D), який буде визначати результат електрообробки.

Найбільш прийнятним підходом є визначення дози у вигляді питомої енергії, тобто кількості енергії, яка поглинається одиницею маси або об'єму

матеріалу. Крім того, повинна існувати і відповідна спільність підходу до визначення дози для різних методів фізичного впливу. Таким підходом для випадків обробки матеріалів полем промислової частоти, високою частотою, електромагнітним випромінюванням, магнітним полем, ультразвуком є визначення дози у вигляді питомої енергії [4, 5].

Широке використання питомої енергії при застосуванні електрофізичних методів обробки буде логічним і при обробці насіння в електричному полі високої напруженості постійного струму. Питома енергія може бути визначена розрахунковим шляхом за відомими параметрами режиму обробки матеріалу().

Енергія (об'ємна енергія у насінній масі) Q_e , при розробленому способі обробки, складається з енергії Q_c , яка виділяється в об'ємі насінневої маси при проходженні струму, енергії Q_n , яка запасується в об'ємі маси при поляризації, і енергії Q_{em} , яка втрачається через конструктивні елементи установки. Таким чином рівняння енергії, яка поглинається насінневою масою при обробці в електричному полі високої напруги постійного струму, буде мати вираз:

$$Q_e = Q_c + Q_n - Q_{em}. \quad (1)$$

Струм при обробці насіння в електричному полі високої напруженості має дві складові: струм провідності і сумарний струм часткових розрядів які відбуваються в повітряних включеннях насінневої маси. Але при кондиційній вологості насіння (14...14,5%), що поступає на передпосівну обробку розрядні струми становлять біля 1% від струму провідності тому при визначенні енергії, яка виділяється в об'ємі насінневої маси при проходженні струму Q_c їх можна не враховувати:

$$Q_c = \int_0^t \int_0^V j(t) \cdot E \cdot dt \cdot dV. \quad (2)$$

де E – напруженість електричного поля; t – час обробки.

Енергія, яка запасується в об'ємі насіння при поляризації Q_n :

$$Q_n = \int_V \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{2} \cdot \left(\frac{E}{1+d(\varepsilon-1)} \right)^2 \cdot dV, \quad (3)$$

де ε_0 – електрична постійна; ε – відносна діелектрична проникність насіння; d – коефіцієнт деполаризації еліпсоїда по тій осі, яка орієнтована вздовж зовнішнього поля.

Енергії, яка втрачається через конструктивні елементи установки Q_{em} :

$$Q_{em} = \int_0^t \frac{2S\Delta T}{\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}} dt. \quad (4)$$

Таким чином, загальний вираз для визначення енергії, поглинутої насінневою масою при обробці в електричному полі високої напруженості, буде мати вигляд:

$$Q_e = \int_0^t \int_V j(t) \cdot E \cdot dt \cdot dV + \int_V \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{2} \cdot \left(\frac{E}{1+d(\varepsilon-1)} \right)^2 \cdot dV - \int_0^t \frac{2S\Delta T(t)}{\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}} dt. \quad (5)$$

При режимах передпосівної обробки кондиційного насіння енергії Q_n і Q_{em} разом не перевищують 3 %. Тому для практичної оцінки отриманої енергії насінням їх можна не враховувати. Таким чином, використовуючи встановлені математичні вирази отримаємо формулу для визначення питомої енергії отриманої насінням в результаті обробки в електричному полі високої напруженості (об'ємна густина енергії в насінневій масі):

$$q_e = \frac{j_o}{E_o} \cdot E^2 \cdot \exp \left(k \cdot E^2 \cdot \frac{T}{T_n} \left(\frac{W}{W_n} \right)^2 \right). \quad (6)$$

Залежність (6) дає можливість розрахувати дозу обробки насінневого матеріалу в електричному полі високої напруженості постійного струму за виразом:

$$D = q_e \cdot t, \quad (7)$$

Для встановлення ефективних доз обробки були проведені дослідження енергії проростання та здатності до проростання насіння ячменя обробленого в електричному полі високої напруги. Результати дослідження наведені на рис. 5 і рис. 6.

При різних режимах обробки досліджували енергію проростання та здатність до проростання дослідних зразків ячменя та контрольних зразків з метою визначення оптимальних значень дози обробки та режимних параметрів. Дослідження проводили в лабораторних умовах при температурі 20 °С і 15 °С. На графічних матеріалах представлені відносні значення енергії проростання ($X_{від}$) та здатності до проростання ($Z_{від}$). Відносне значення енергії проростання визначали за формулою:

$$X_{від} = \frac{X_{\partial} - X_{\kappa}}{X_{\kappa}} \cdot 100, \quad (8)$$

де X_{∂} – енергія проростання дослідного зразка; X_{κ} – енергія проростання контрольного зразка.

Аналогічним чином визначалася відносна здатність до проростання.

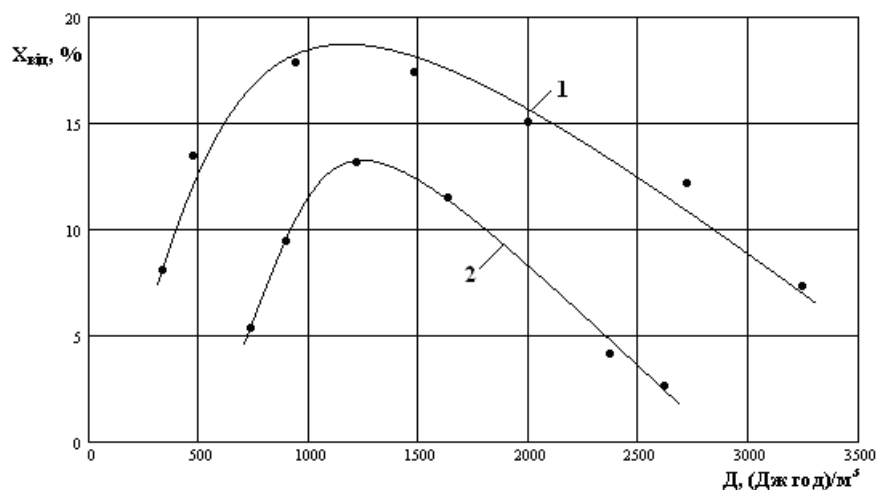


Рис. 2. Відносна енергія проростання дослідних зразків ячменя сорту Скарлет залежно від дози обробки:

1 – при температурі 20 °С; 2 – при температурі 15 °С.

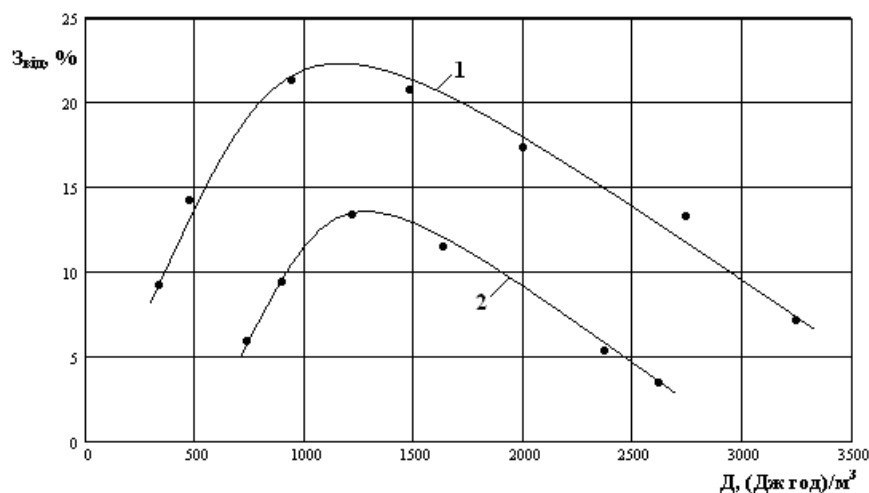


Рис. 3. Відносна здатність до проростання дослідних зразків ячменя сорту Скарлет залежно від дози обробки:

1 – при температурі 20 °С; 2 – при температурі 15 °С.

Аналіз цих залежностей дозволяє визначити межі оптимальної величини дози обробки. З наведених результатів (рис.2...3) видно, що за енергією проростання і за здатністю до проростання при вказаних температурах максимальні значення відповідають межах дози обробки 1100...1300 (Дж·год)/м³.

Основними параметрами режиму знезаражуючої обробки, від яких залежить життєздатність спор шкідливих мікроорганізмів, є концентрації озону та час експозиції. Тому дозу обробки D представлено, як дію на зернову масу озonom певної концентрації на протязі деякого часу:

$$D = K \cdot t, \quad (9)$$

де D – доза обробки, мг·хв/м³; K – концентрація озону, мг/м³; t – час експозиції, хв.

У результаті проведених досліджень визначено математичну залежність $K_o=f(W)$. Результати досліджень наведені на рис. 7. Графік функції, який

побудовано за отриманою математичною залежністю також відображено на рис. 7.

Аналітичний вираз залежності $K_o=f(W)$, отриманий на ПЕОМ з використанням програмного забезпечення, представлено виразом:

$$K_o = -52834 + 9891 \cdot W - 600 \cdot W^2 + 11.88 \cdot W^3, \quad (10)$$

де 52834, 9891, 600, 11.88 – коефіцієнти для зернової маси ячменю.

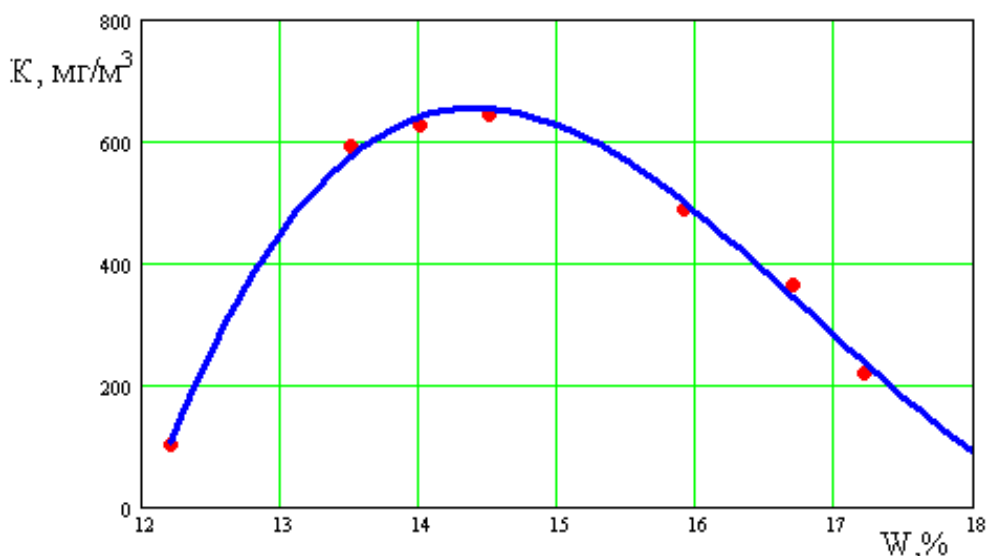


Рис. 4. Залежність концентрації озону в зерновій масі при напрузі 16 кВ та відстані між електродами 3см з встановленими діелектричними пластинами з поліетилену товщиною 0,5 мм залежно від її вологості:

- – дані отримані за матеріалами досліджень; — – графік функції побудований за емпіричною формулою

Максимум концентрації озону досягається при кондиційній вологості зерна 14-14,5 %. Це можна пояснити здатністю зернової маси переходити від стану діелектрика до провідника в залежності від вологості [6, 7]. Так, при вологості 12 % зерно перебуває в стані діелектрика і кількість іонів у міжклітинній рідині дуже мала. У такому стані зернової маси часткові розряди виникають досить рідко і відповідно концентрація озону досить низька. З

підвищенням вологості збільшується кількість іонів у міжклітинній рідині зернин, що сприяє утворенню електричного поля в повітряних включеннях і відповідно інтенсивнішому проходженню розрядних процесів. Тому відбувається зростання концентрації озону до вологості 14,5 %. При подальшому підвищенні вологості кількість іонів продовжує зростати, але через зернову масу починає протікати струм провідності, що перешкоджає накопиченню заряду в повітряних включеннях. Інтенсивність виникнення часткових розрядів зменшується. Так після вологості 15% спостерігаємо поступове зниження концентрації озону.

Таким чином, життєздатність спор (N) *T.caries*, буде залежати від дози $N=f(D)$.

У результаті проведених досліджень визначено математичну залежність $N=f(D)$. Задача регресії виконувалася за допомогою програмного забезпечення ПЕОМ. Результати досліджень наведені на рис.5. Графік функції, який побудовано за отриманою математичною залежністю наведено на рис. 5.

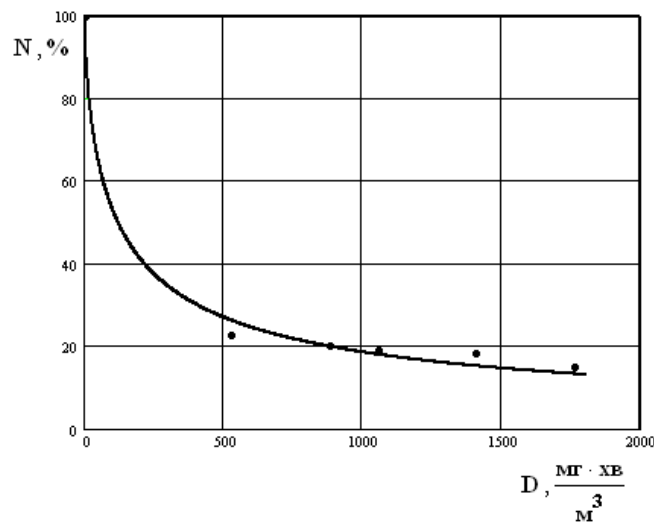


Рис. 5. Залежність життєздатності спор твердої сажки від дози обробки:

- – дані отримані за матеріалами досліджень; — – графік функції побудований за емпіричною формулою

З наведеного рисунка видно, що при збільшенні дози обробки зменшується кількість життєздатних спор.

Аналітичний вираз залежності $N=f(D)$, отриманий на ПЕОМ за допомогою програмного забезпечення представлено формулою:

$$N = \frac{1}{0,01 + 0,00035 \cdot D^{0,7}}, \quad (11)$$

де 0,1, 0.00035, 0,7 – коефіцієнти для зернової маси пшениці.

Аналіз отриманих результатів показав, що ефективна доза обробки (зnezараження 90 % спор) знаходиться при значеннях більше 2940 мг·хв./м³.

Висновки і перспективи. Представлено розроблені способи обробки зернової маси в сильному електричному полі з метою стимуляції ростових процесів та зnezараження шкідливої мікрофлори. Встановлено, що при обробці з метою стимуляції ефективна доза обробки знаходиться в межах 1100...1300 (Дж·год)/м³, при обробці з метою зnezараження доза обробки становить 2940 мг·хв./м³.

Передпосівна обробка насіння встановленою дозою дозволяє підвищити врожайність різних зернових культур до 40 %. Зnezараження зернової маси в сильному електричному полі встановленою дозою дає можливість знешкодити до 85 % шкідливої мікрофлори на поверхні зернин.

Список використаних джерел

1. Берека О. М. Дія сильних електричних полів на насіння сільськогосподарських культур / О. М. Берека // Електрифікація та автоматизація сільського господарства.–2014– № 1 (20) – С. 23 – 29.

2. Берека О. М. Установка для обробки насіння в електричному полі високої напруги / О. М. Берека, Л. С. Червінський, С. М. Усенко // Наука та інновація: Зб. заверш. наук. та іннов. розробок НУБіП України. – 2010. – Вип. 1(7). – С. 21

3. Берека О. М. Сильні електричні поля в зерновій галузі рослинництва: монографія / О. М. Берека. – К.: ВЦ НУБіП України, 2011. – 400 с.

4. Басов А. М. Определение энергии, поглощаемой семенами при их предпосевной обработке электрическим полем постоянного тока / А. М. Басов, Э. А. Каменир, В. Б. Файн // Электротехнология процессов сельскохозяйственного производства. Труды ЧИМЭСХ. Вып. 152. – Челябинск, 1979. – С. 32 – 35.

5. Червинский Л.С. Использование законов термодинамики в оптических электротехнологиях / Л. С. Червинский, О. Н. Берека // Сохранение окружающей среды – важнейшая проблема современности. Материалы Международной научно-практической конференции. Часть 1. – Орал. Казахстан, 2005. – С. 113 – 115.

6. Гинзбург А. С. Влага в зерне / Гинзбург А. С., Дубровский В. П., Казаков Е. Д., Окунь Г. С., Резчиков В. А.. – М.: Колос, 1969. – 224 с.

7. Яшкичев В.И. Вода, движение молекул, структура, межфазные процессы и отклики на внешнее воздействие / В. И. Яшкичев. – М.: Агар, 1996. – 86 с.

References

1. Bereka, O. M. (2014) Diia sylnykh elektrychnykh poliv na nasinnia silskohospodarskykh kultur [Effect of strong electric fields on seeds of agricultural crops] *Elektryfikatsiia ta avtomatyzatsiia silskoho hospodarstva*, № 1 (20), 23 – 29.

2. Bereka, O. M., Chervinsky, L. S., Usenko, S. M. (2010). Ustanovka dlia obrobky nasinnia v elektrychnomu poli vysokoi napruhy [Plant for seed treatment in high voltage electric field] *Nauka ta innovatsiia: Zb. zaversh. nauk. ta innov. rozrobok NUBiP Ukrainy*, Vyp. 1(7), 21

3. Bereka, O. M. (2011) Sylni elektrychni polia v zernovii haluzi roslynnytstva [Strong electric fields in the grain field of plant growing]. Kyiv, 400.

4. Basov, A. M., Kamenir, E. A., Fayn, V. B. (1979) Opredeleniye energii, pogloshchayemoy semenami pri ikh predposevnoy obrabotke elektricheskim polem postoyannogo toka [Determination of energy absorbed by seeds during their presowing treatment with an electric field of direct current] *Elektrotekhnologiya protsessov sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. Trudy CHIM·ESKH*, 152, 32 – 35.

5. Chervinskiy, L. S., Bereka, O. N. (2005) Ispol'zovaniye zakonov termodinamiki v opticheskikh elektrotekhnologiyakh [Using the laws of thermodynamics in optical electrotechnologies] *Sokhraneniye okruzhayushchey sredy – vazhneyshaya problema sovremennosti. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. CHast' 1*, 113 – 115.

6. Ginzburg, A. S., Dubrovskiy, V. P., Kazakov, E. D., Okun', G. S., Rezchikov, V. A. (1969). Vлага v zerne [Moisture in the grain] Moscow: Kolos, 224.

7. Yashkichev, V.I. (1996). Voda, dvizheniye molekul, struktura, mezhfaznyye protsessy i otkliki na vneshneye vozdeystviye [Water, the movement of molecules, structure, interphase processes and responses to external influences.] Moskow: Agrar, 86.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЗЫ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВЫХ В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

С. Н. Усенко

Аннотация. *Длительное применение ядовитых химикатов приводит к непоправимому экологическому ущербу. На современном этапе развития сельского хозяйства все больше внимания ученых и практиков направлено на использование экологически чистых методов обработки семян сельскохозяйственных культур с целью увеличения урожайности и улучшения хранения.*

Принципиально новым направлением является использование электрического поля высокой напряженности, под действием которого в воздушных включениях зерновой массы происходят частичные разряды, сопровождающиеся ионизационными процессами. Как следствие - во всем объеме зерновой массы, находящейся между электродами, будет образовываться озон.

Обоснование энергоэффективных режимов обработки зерна в электрическом поле высокой напряженности позволит повысить качество семенного материала и эффективность хранения зерна.

В статье представлены результаты исследований применения различных видов электрических полей высокой напряженности с целью предпосевной обработки семян и обеззараживания зерновых. Установлены эффективные дозы обработки для предпосевной и обеззараживающей обработки.

Ключевые слова: *зерновая масса, семена, сильное электрическое поле, амбарные вредители, разрядные процессы, микрофлора.*

STUDY OF THE DOSE OF CEREAL PROCESSING IN STRONG ELECTRIC FIELDS

S. Usenko

Abstract. *Prolonged use of toxic chemicals leads to irreparable environmental damage. At the present stage of development of agriculture, more and more attention of scientists and practitioners is directed at the use of environmentally friendly methods of cultivating seeds of crops with the purpose of increasing yields and improving storage.*

A fundamentally new direction is the use of an electric field of high tension, under the action of which in the air inclusion of the grain mass occur partial discharges, accompanied by ionization processes. As a result, ozone will be formed throughout the volume of the grain mass that is located between the electrodes.

Justification of energy-efficient grain processing regimes in high voltage electric field will allow to improve the quality of seed material and grain storage efficiency.

The article presents the results of research on the application of various types of electric fields of high intensity for the purpose of presowing seed treatment and disinfection of cereals. Effective treatment doses have been established for pre-planting and decontamination treatment.

Key words: *grains mass, seeds, strong electric field, collateral pests, bit processes, microflora*