

УДК 621.3: 631.53.027.33

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ ПОСІВНИХ ЯКОСТЕЙ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

О. М. Берека, доктор технічних наук

С. М. Усенко, кандидат технічних наук

Представлено екологічно безпечний спосіб знезараження та покращення посівних якостей насіння сільськогосподарських культур та технічні засоби його реалізації.

Електричне поле високої напруженості, насіння, озон, струм зміщення, розрядний струм.

Зерновий сектор України є стратегічною галуззю економіки держави, що визначає обсяги пропозиції та вартість основних видів продовольства для населення країни, зокрема продуктів переробки зерна і продукції тваринництва, формує істотну частку доходів сільськогосподарських виробників, визначає стан і тенденції розвитку сільських територій, формує валютні доходи держави за рахунок експорту. Збільшення виробництва й підвищення якості продукції рослинництва можливо шляхом зменшення втрат врожаю від фітопатогенної мікрофлори та максимальному використанні потенційних біологічних можливостей насінневого матеріалу.

Мікрофлора зернової маси складається майже повністю з анаеробних мікроорганізмів. На поверхні одного зерна зосереджено від 40 до 800 тис. бактерій а у зерновій масі різних культур зустрічаються до 60 видів пліснявих грибів. Близько 85% збудників найбільш небезпечних хвороб злакових культур представлено грибами, з них 80% – токсичні. Особливо швидко зростає зараженість зерна злакових культур грибами, що утворюють токсини Fusarium,

Alternaria, *Penicilium*, *Mucor*, *Cladosporium* та ін. Ураження цими грибами виводять товарне зерно з категорії продовольчого, а при наявності токсинів, утворених цими грибами більше 5 мг на 1кг воно стає непридатним навіть для кормових цілей [1].

Під час зберігання (3-6 міс.) в несприятливих умовах зараження зерна грибами може збільшитися в 35 - 40 разів, внутрішнє – в 3 - 4 рази.

Це викликає щорічно втрату 2-3 мільйонів тонн зерна і значне зниження біологічної повноцінності ще багатьох партій.

Властивість даних патогенів змінювати біохімічний склад зерна, а також забруднювати його мікотоксинами, створює серйозну проблему для підприємств харчової промисловості. На сьогоднішній день не існує біологічно прийнятних і економічно ефективних способів детоксикації зерна.

Небезпека токсинів полягає ще і в тому, що вони стійкі до дії температури і не руйнуються при кип'ятінні. При випічці хліба і виготовленні інших продуктів харчування, із неякісної сировини, мікотоксини не знищуються, а потрапляють в організм. Крім того використання для сільськогосподарських тварин токсичних кормів призводить до потрапляння токсинів в продукцію тваринництва і відповідно в організм людини. Особливість мікотоксинів ще й у тому, що вони здатні накопичуватися в організмі. І якщо за один прийом їжі отруєння не відбувається через малі дози токсинів, то накопичуючись, вони з часом призводять до негативних наслідків. По-перше, це порушення концентрації, абсорбції та обміну в організмі поживних речовин. По-друге, це зміни в ендокринній і нейроендокринній системах. По-третє, це пригнічення імунної системи організму.

Внаслідок зберігання зерна без дотримання належних умов можуть утворитися афлатоксини В₁ і G₁. Серед зернових культур найчастіше піддається забрудненню кукурудза. Мікотоксини зеараленон, фумонизинам, дезоксиніваленон накопичуються в зерні і в полі, і під час зберігання. За даними Мачихина Л., Львова Л., Кизленко О., афлатоксин було виявлено в самозігрівальній кукурудзі в 30-57 % проб концентрацією до 5000 мкг/кг. За

даними німецьких вчених, охратоксин А порівняно часто трапляється у хлібобулочних виробках та інших продуктах переробки зерна.

Відомо, що 25 % світового виробництва зерна забруднено мікотоксинами.

Гриби роду *Fusarium* пошкоджують зерно в несприятливих умовах під час росту рослин і продукують "польові" мікотоксини. *Aspergillus* і *Penicillium* починають рости після збирання врожаю, і їх токсини називають "токсинами зерносковищ". У зерносковищах зараження пліснявими грибами є результатом комплексної взаємодії між субстратом, температурою, вологістю, вмістом кисню і вуглекислого газу, наявністю комах і концентрацією грибних спор.

З метою попередження розвитку зернової мікрофлори існують хімічні, біологічні та фізичні методи. На цей час обробка зерна здійснюється переважно хімічними засобами. Але разом з досягненням позитивних результатів, використання хімічних засобів має ряд негативних наслідків, серед яких забруднення навколишнього середовища отрутохімікатами і їх накопичення як у ґрунті, так і у продукції рослинництва, що створює загрозу для здоров'я людей та тварин, трудомісткість при виконанні робіт.

Фумігація бромистим метилом і фосфіном (пігулки, гранули) до цього часу розглядається як надійний і радикальний засіб знезараження зерна, порожніх елеваторів, складів тощо. Проте застосування в Україні бромистого метилу (MeBr) для фумігації зерна, елеваторів і млинів, за винятком карантинних потреб і оброблення зерна для морських перевезень, заборонено з 1 січня 2005р. відповідно до Монреальського Протоколу, ратифікованого Україною. Тому для вітчизняної індустрії зберігання зерна необхідні альтернативні методи фумігації.

У сучасному сільському господарстві широко використовуються пестициди та агрохімікати. Сьогодні масштаби їх застосування в Україні становлять понад 300 діючих речовин, близько 400 форм препаратів на площах понад 40 млн. га в кількостях більше 36 тис. тон. Використання пестицидів і агрохімікатів, супроводжується забрудненням хімічними речовинами об'єктів навколишнього середовища – ґрунту, води, атмосферного повітря, а також

сільськогосподарської сировини і харчових продуктів, що негативно позначається на здоров'ї населення, особливо на групах підвищеного ризику, до яких відносяться діти. За даними всесвітньої організації охорони здоров'я у світі щорічно налічується більше 1,5 млн. випадків отруєнь людей тільки зареєстрованими пестицидами.

Мета досліджень – розробка ефективного та екологічного способу знезаражуючої обробки зернових, його технічна реалізація.

Матеріали та методика досліджень. Вчені кафедри електропривода та електротехнологій Національного університету біоресурсів і природо користування України ведуть дослідження з використання сильних електричних полів та озону, які є одним із перспективних засобів впливу на зернову масу. Одними з пріоритетних напрямків застосування сильних електричних полів є передпосівна обробка насіння та обробка зерна при зберіганні та переробці.

Основними перевагами використання озону є [1, 2]:

- високий окислювальний потенціал озону;
- можливість отримувати озон на місці використання з кисню повітря, у зв'язку з чим не вимагається доставки ніяких реагентів;
- простота і доступність отримання озону в електричних апаратах;
- безвідходність виробництва і використання озону з погляду взаємоперетворення;
- економічна доцільність застосування озону в порівнянні з іншими відомими окислювачами;
- екологічна сумісність озону з навколишнім середовищем.

Сучасні технологічні засоби озонної обробки зерна, крім озонаторів мають допоміжне устаткування: систему очищення та сушки повітря, систему охолодження, компресор, кисневу станцію, систему повітропроводів, вимірювальні пристрої. При подачі озону від генератора до матеріалу обробки він частково розкладається, що призводить до значних втрат. Крім того він у значній кількості розкладається у перших шарах зернової маси, що не дозволяє рівномірно та ефективно обробляти її озоном.

Встановлення нами іонізаційних процесів і як наслідок утворення озону у всьому об'ємі зернової маси під дією сильного електричного поля відкриває нові технологічні можливості для знезаражувальної та передпосівної обробки зерна.

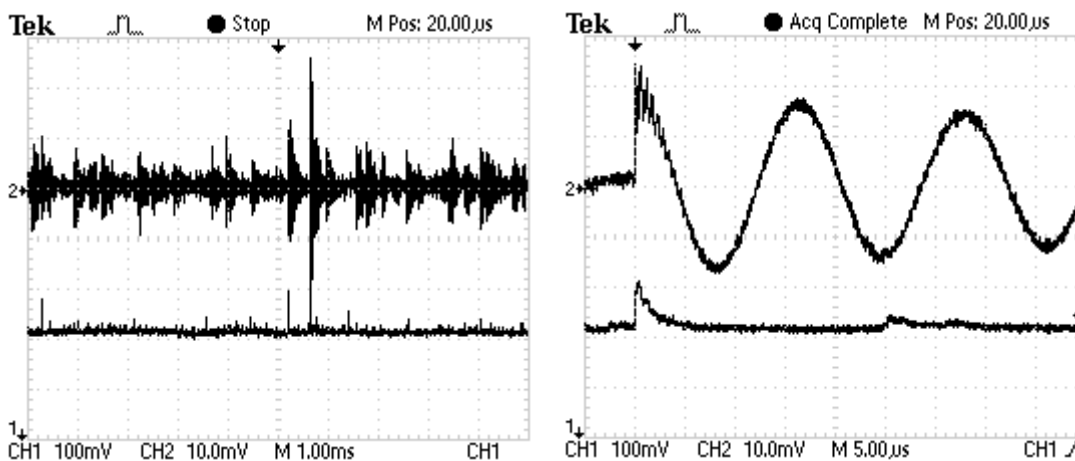
Результати досліджень. При розміщенні зернової маси в сильному електричному полі відбуваються часткові розряди у повітряних включеннях, де нерівномірність розподілу напруженості електричного поля найбільша. Із збільшенням прикладеної напруги іонізація відбувається у все більшій кількості повітряних включень, причому величина імпульсу часткового розряду у наступних буде більше ніж у попередніх. Крім того, буде підвищуватися інтенсивність іонізації у включеннях, де вона почалася при меншій нарузі.

На рис. 1. представлено осцилограми на яких відображені розрядні процеси, що відбуваються в зерновій масі під дією сильного електричного поля.

На першому каналі осцилографу знімалися втрати напруги на активному опорі (R) при проходженні розрядних струмів, а на другому індуковані імпульси в датчику реєстрації відносної інтенсивності розрядних процесів. Напруга прикладена до електродів 10,4 (рис. а1; б1) і 13,5 кВ (рис. а2; б2).

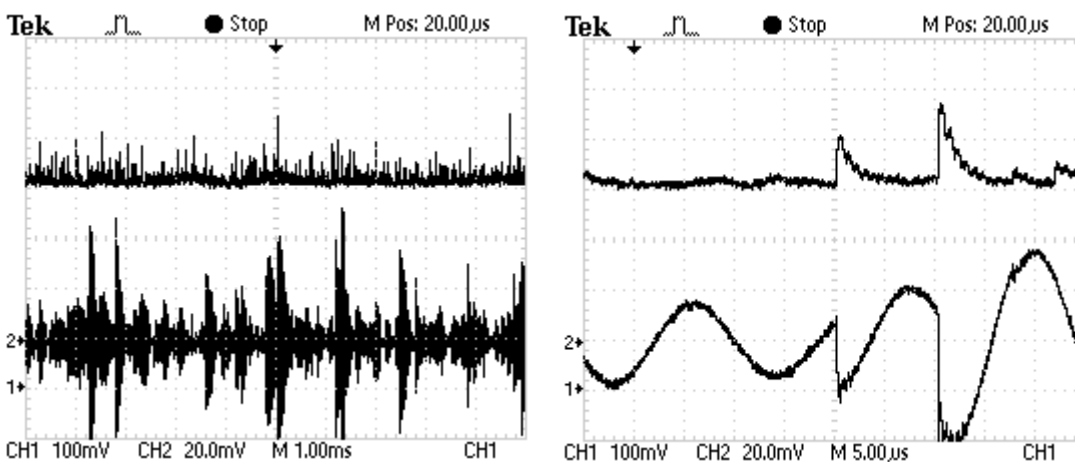
При іонізаційних процесах у зерновій суміші при збільшенні напруги іонізаційний струм збільшується, як за рахунок збільшення амплітуди струму в імпульсах, так і за рахунок збільшення частоти імпульсів, що спостерігається на осцилограмах а1 і а2.

Загальний струм, що протікає через зернову масу під дією сильного електричного поля складається із розрядного струму та струму зміщення.



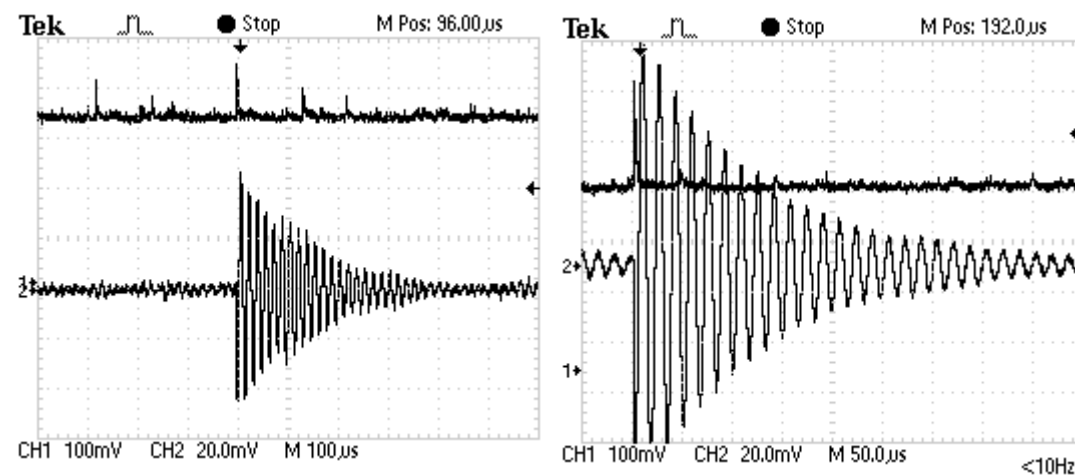
a1

б1



a2

б2



a3

б3

Рис. 1. Осцилограми імпульсів у зерновій масі ячменя:

a1, б1 – напруженість 3,4 кВ/см; a2, б2 – напруженість 4,5 кВ/см; a3 та б3 – представлено розгорнутий вигляд імпульсу, наведеного в індуктивному датчику

Розрядний струм для будь-якого i -ого ланцюга зернової маси буде визначатися наступним чином:

$$I_{cpi} = 2f \frac{2 \left(\frac{C_{\delta} + C_{zi}}{C_{\delta} + C_{zi} + C_{ni}} U_m - U_{zci} \right)}{U_{npi} - U_{zci}} \cdot U_{npi} (C_{\delta} + C_{zi}), \quad (1)$$

де f – частота мережі; C_{δ} – ємність діелектричних пластин, що відділяють зернову масу від високовольтних електродів; C_{zi} – ємності зернин, які розташовані послідовно з повітряним включенням; C_{ni} – ємність повітряного включення; U_{npi} – напруга на електродах при виникненні розряду у i -му повітряному включенні зернової маси; U_{zci} – напруга на електродах при загасанні розряду у i -му повітряному включенні зернової маси.

$$j_{zm} = \frac{\bar{\gamma}_{\delta} \cdot \bar{\gamma}_z \dot{U}_m e^{j\omega t}}{2\bar{\gamma}_z d_{\delta} + \bar{\gamma}_{\delta} d_z}, \quad (2)$$

де γ_{δ} – діелектрична проникність діелектричних пластин; d_{δ} – товщина діелектричних пластин; γ_z – діелектрична проникність зернової маси; d_z – товщина діелектричних пластин.

Загальний струм, що проходить через зернову масу, яка знаходиться у електричному полі високої напруженості і відділена від електродів діелектричними пластинами, складається із розрядного струму (1) та струму зміщення (2) :

$$I = \begin{cases} I_{zm}, \text{ якщо } U_{ni} < U_{npi} \\ I_{zm} + \sum_{i=1}^N I_{cpi}, \text{ якщо } U_{ni} \geq U_{npi} \end{cases}, \quad (3)$$

де N – кількість ланцюгів, що складаються з опорів та ємностей діелектричних пластин, зерна та повітряних включень; $I_s = I_m(j_s) \cdot S$, S – площа електродів.

На основі встановлених явищ та проведених теоретичних досліджень на кафедрі електропривода та електротехнологій НУБіП України розроблено дослідну установку для знезаражуючої та передпосівної обробки зернової маси. Перевагою якої є утворення озону безпосередньо в зерновій масі під дією

електричного поля високої напруженості [3]. Зовнішній вигляд установки наведено на рис. 2.



Рис. 2. Установки для знезаражуючої та передпосівної обробки зерна

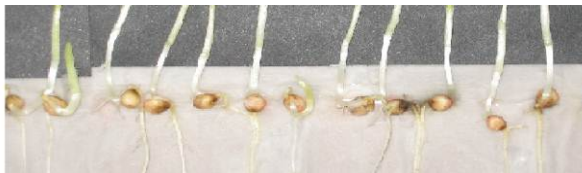
Установка працює наступним чином. Після заповнення камери обробки зерновою масою на електроди подається висока напруга. При відповідній напруженості електричного поля в об'ємі продукції відбуваються часткові розряди в повітряних включеннях де нерівномірність розподілу напруги електростатичного поля найбільша. Із збільшенням прикладеної напруги іонізація відбувається у все більшій кількості повітряних включень, причому величина імпульсу часткового розряду у наступних повітряних включеннях буде більшою ніж у попередніх. Крім того буде підвищуватися інтенсивність іонізації у включеннях де вона почалася при менших напругах. При відповідному рівні напруженості поля у всьому об'ємі продукції утворюється озono-аероіонна суміш, концентрація якої регулюється напруженістю електричного поля високої напруги змінного струму.

Виробничими дослідженнями встановлено, що обробка зерна в електричному полі високої напруженості дозволяє збільшити врожайність зернових культур до 30%. Лабораторними дослідженнями встановлено, що запропонований спосіб дозволяє знешкодити близько 90% спор твердої сажки на штучно заспореному зерні пшениці.

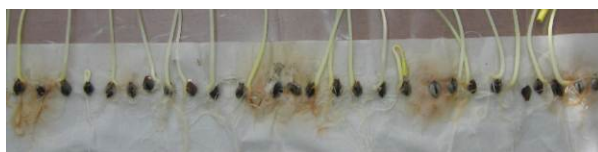
Приклад результатів обробки насіння сорго сорту Одеський 302 та гречки сорту Оранта наведено на рис. 3



1



2



3



4

Рис. 3. Результати ураженості проростків насіння сорго сорту Одеський 302 (біологічний метод рулонів) та гречки сорту Оранта: 1 – насіння сорго контрольного варіанту; 2 – насіння сорго оброблене в сильному електричному полі; 3 – насіння гречки контрольного варіанту; 4 – насіння гречки оброблене в сильному електричному полі

Приклад результатів передпосівної обробки насіння сільсько-господарських культур наведено на рис. 4



Рис. 4. Результати аналізування сили росту проростків насіння сорго методом пророщування в зволоженому піску. Перша група проростків: без обробки (контроль); Друга група проростків: обробка протруйником; Третя група: обробка в сильному електричному полі: 1 – Сорт Одеський 205; 2 – Сорт Мамонт; 3 – Сорт Фаворит

Запропонована електротехнологія знезараження та покращення посівних якостей насіння сільськогосподарських культур вигідно відрізняється від існуючих. Вона має низьку енергоємність та дозволяє екологічно безпечно обробляти зернову продукцію.

Висновки

Під дією сильного електричного поля в повітряних включеннях зернової маси відбуваються часткові розряди наслідком, яких є утворення озону у всьому об'ємі. Таким чином на зерно діє ряд факторів: електричне поле високої напруженості, об'ємний і поверхневий електричний струм, озон, аероіони, температура. В результаті запропоновані електротехнології дозволяють ефективно знешкоджувати шкідливу грибну мікрофлору та підвищувати посівні якості насіння, наприклад, знешкоджується близько 90% спор твердої сажки і збільшується врожайність зернових культур до 30%.

Список літератури

1. Кривопишин И.П. Озон в промышленном птицеводстве/ Кривопишин И.П - М.: Росагропромиздат, 1988. – 176 с.

2. Александрова Н. Е. Действие озона на плесени хранения зерна / Н.Е. Андропова, О.И. Плясухина, А.В. Алексеева Биохимия и качество зерна. Вып. 103. – М.: ВНИИЗ, 1983. – С. 35 – 40.

3. Пат. на винахід 96809 Україна, МПК А 01 F 25/14. Установа для обробки насіння сільськогосподарських культур в електричному полі високої напруги / Берека О. М., Червінський Л. С., Іноземцев Г. Б., Кондратенко І. П., Божко І. В., Усенко С. М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № а200913877; заяв. 29.12.2009; опубл. 11.07.2011, Бюл. №13.

Представлены экологически безопасный способ обеззараживания и улучшения посевных качеств семян сельскохозяйственных культур и технические средства его реализации.

Электрическое поле высокой напряженности, семена, озон, ток смещения, разрядный ток.

Presented environmentally safe way to improve sanitation and sowing qualities of seeds of crops and hardware implementation.

The electric field of high tension, seeds, ozone, bias current, discharge current.