

KOMITET MECHANIZACJI I ELEKTRYFIKACJI ROLNICTWA
SEKCJA ELEKTRYFIKACJI ROLNICTWA POLSKIEJ AKADEMII NAUK

BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM POŁA WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI OD 8 DO 25 MHz DO DEZYNSEKCJI ZIARNA ŻYTA W PRZYPADKU WYSTĘPOWANIA WOŁKA ZBOŻOWEGO

STEFAN BIEDROŃ

Praca wykonana pod kierownictwem prof. dr Zygmunta Rybickiego
Katedra Elektrotechniki Politechniki Warszawskiej

1. WSTĘP

Dotychczasowe obliczenia wykazały, że przeciętne światowe straty wyrządzone w ziarnie przez szkodniki zbożowe szacowane są na około 10% ogólnych zbiorów zbóż, np. w roku 1957 straty te obliczono na 33 milionów ton ziarna.

Oceny specjalistów angielskich i amerykańskich stwierdzają, że w krajach tropikalnych straty te dochodzą nawet do 50%. Straty całkowite w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej w produkcji rolnej ocenia się na 4 mld dolarów rocznie.

Również w Polsce, straty wyrządzone przez szkodniki (owady) zbożowe szacowano na około 350 do 400 tys. ton ziarna rocznie (18).

Straty spowodowane w zbożu i jego przetworach przez szkodniki zbożowo mączne w Polsce ocenia się na około 1,8 miliarda złotych rocznie.

Jak widać z powyższego wpływu szkodników zbożowych na straty ziarna, problem przechowywania ziarna i zwalczania szkodników zbożowych jest jednym z zasadniczych zagadnień w rolnictwie.

W ostatnim dwudziestoleciu, dla niszczenia szkodników na szeroką skalę stosowane są środki chemiczne, jak również zwrócono uwagę na możliwość dezynsekcji ziarna polem elektrycznym wielkiej częstotliwości.

W Stanach Zjednoczonych (15) prowadzono badania nad dezynsekcją ziarna pszenicy w polu wielkiej częstotliwości przy częstotliwości rzędu 30 MHz, a w ZSRR przeprowadza się próby dezynsekcji ziarna w zakre-

sach częstotliwości poniżej 8 MHz. Ze względu na to, że próby dezynsekcji ziarna wykonywano głównie przy częstotliwości poniżej 8 MHz i przy około 30 MHz, to autor niniejszej pracy przeprowadził pod kierunkiem Prof. Dr Zygmunta Rybickiego badania niszczenia wołka zbożowego w ziarnie żyta, przy częstotliwości pola elektrycznego 8; 11,5; 18 i 25 MHz. Mimo, że pole elektromagnetyczne wielkiej częstotliwości do niszczenia owadów było dotychczas w pewnym stopniu stosowane, to jednak dokładnych danych o oddziaływaniu tego pola na szkodniki ziarna magazynowego prawie całkowicie brakuje.

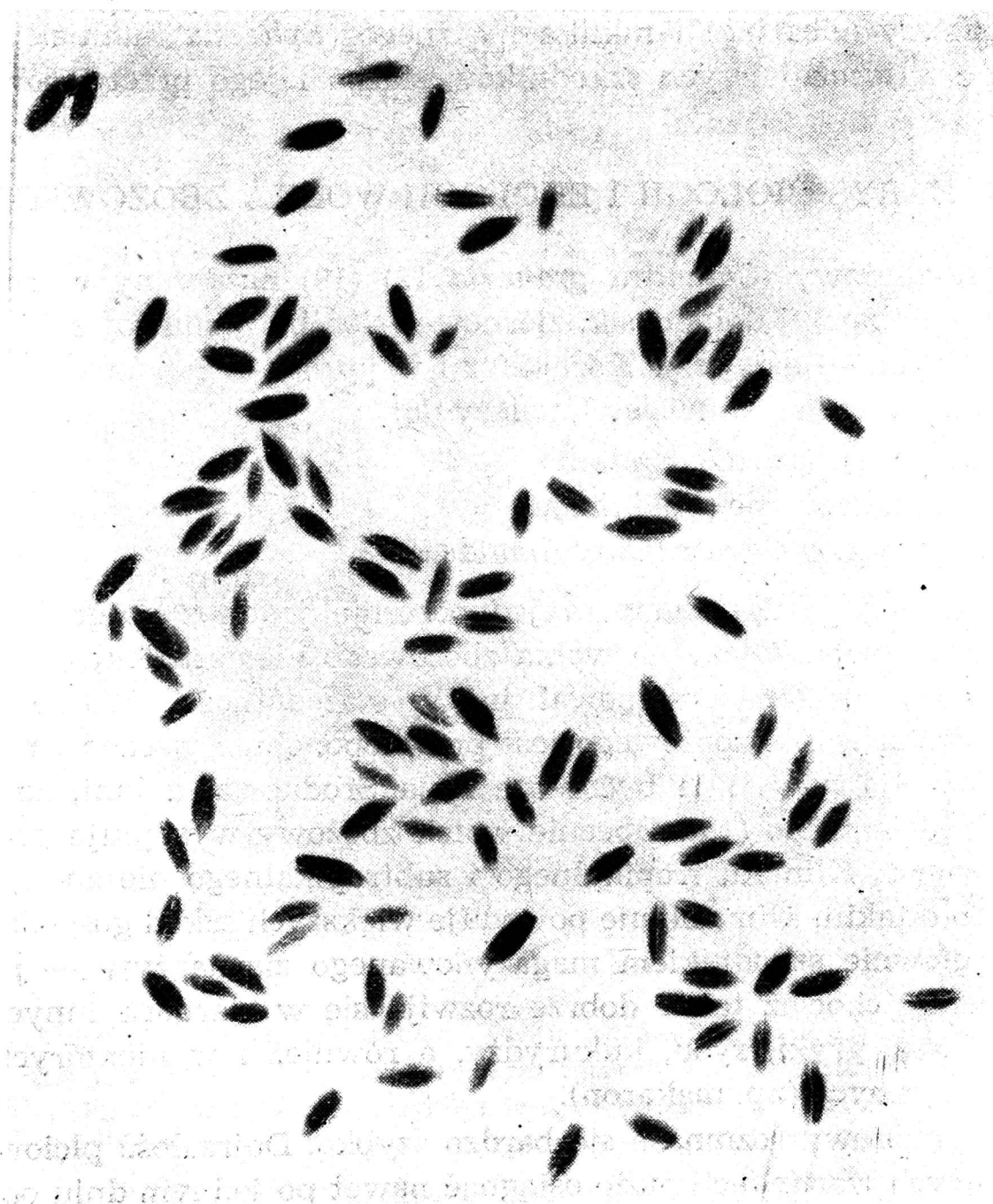
Jak ważny jest problem walki ze szkodnikami ziarna w zakresie nowych metod zastosowania energii elektrycznej w rolnictwie przytoczę fakt, że Prof. Dr Z. Rybicki jako koordynator krajowy prac naukowo-



Rys. 1. Ziarno żyta zakażone wołkiem zbożowym (zdjęcie rentgenowskie)

-badawczych w zakresie stosowania energii elektrycznej w rolnictwie, otrzymał na konferencji przedstawicieli krajów demokracji ludowej, która odbyła się w dniach od 20—28 IX 1961 r. we Wszechzwiązkowym Instytucie Elektryfikacji Rolnictwa w Moskwie potwierdzenie zgłoszonej przez siebie tematyki badań, która między innymi obejmuje: zastosowanie prądów wielkiej częstotliwości w rolnictwie dla celów suszenia i dezynsekcji ziarna oraz nasion.

Szkodniki zbożowe znajdujące się w ziarnie powodują ubytek jego ciężaru oraz pogorszenie jakości przechowywanego ziarna, a w przypadku ziarna siewnego, obniżenie zdolności kiełkowania. Dla przykładu podaję zdjęcia rentgenowskie, wykonane w Katedrze Elektryfikacji Rolnictwa Politechniki Poznańskiej, jak wygląda ziarno żyta zakażone wołkiem zbożowym, rys. 1, w porównaniu do ziarna zdrowego, rys. 2.



Rys. 2. Ziarno żyta zdrowe (zdjęcie rentgenowskie)

Niektóre szkodniki przystosowały się już do życia w masie zbożowej tak, że nawet utraciły zdolność lotu (np. wołek zbożowy) i nie potrafią żyć w polu w warunkach naturalnych. Inne szkodniki mogą zarażać ziarno zarówno w polu, jak i w spichrzu, a nawet są takie, które rozmnażają się w polu, gdzie porażają ziarno, a w spichrzu kończą swój cykl rozwojowy, by wiosną ponownie wylecieć na pole. Do nich należy np. wołek ryżowy.

Walka ze szkodnikami zbożowymi powinna być przeprowadzana na zasadzie znajomości biologii szkodnika, jak też i wpływu na jego rozwój otaczających warunków środowiska.

Tematem pracy jest niszczenie w ziarnie żyta szkodnika o nazwie wołek zbożowy (*Calandra granaria* L.), który należy do gromady — Owady (*Insecta*), rzędu — Chrząszcze (*Coleoptera*).

Szkodnik ten w naszych warunkach występuje w spichrzach i jest obok roztoczy (*Acarina*) i mklaka mącznego (*Ephestia kühniella* Zeller) jednym z najgroźniejszych szkodników ziarna i jego przetworów.

2. ZARYS BIOLOGII I EKOLOGII WOŁKA ZBOŻOWEGO

Wołek zbożowy (*Calandra granaria* L.) (19) nazywany w rosyjskim języku — ambarnyj dołgonosik, ziarnowej słonik, ziarnowej żuk, w języku niemieckim — gemeiner Kornkäfer i w języku angielskim — granary weevil, corn veevil, grain weevil, należy do:

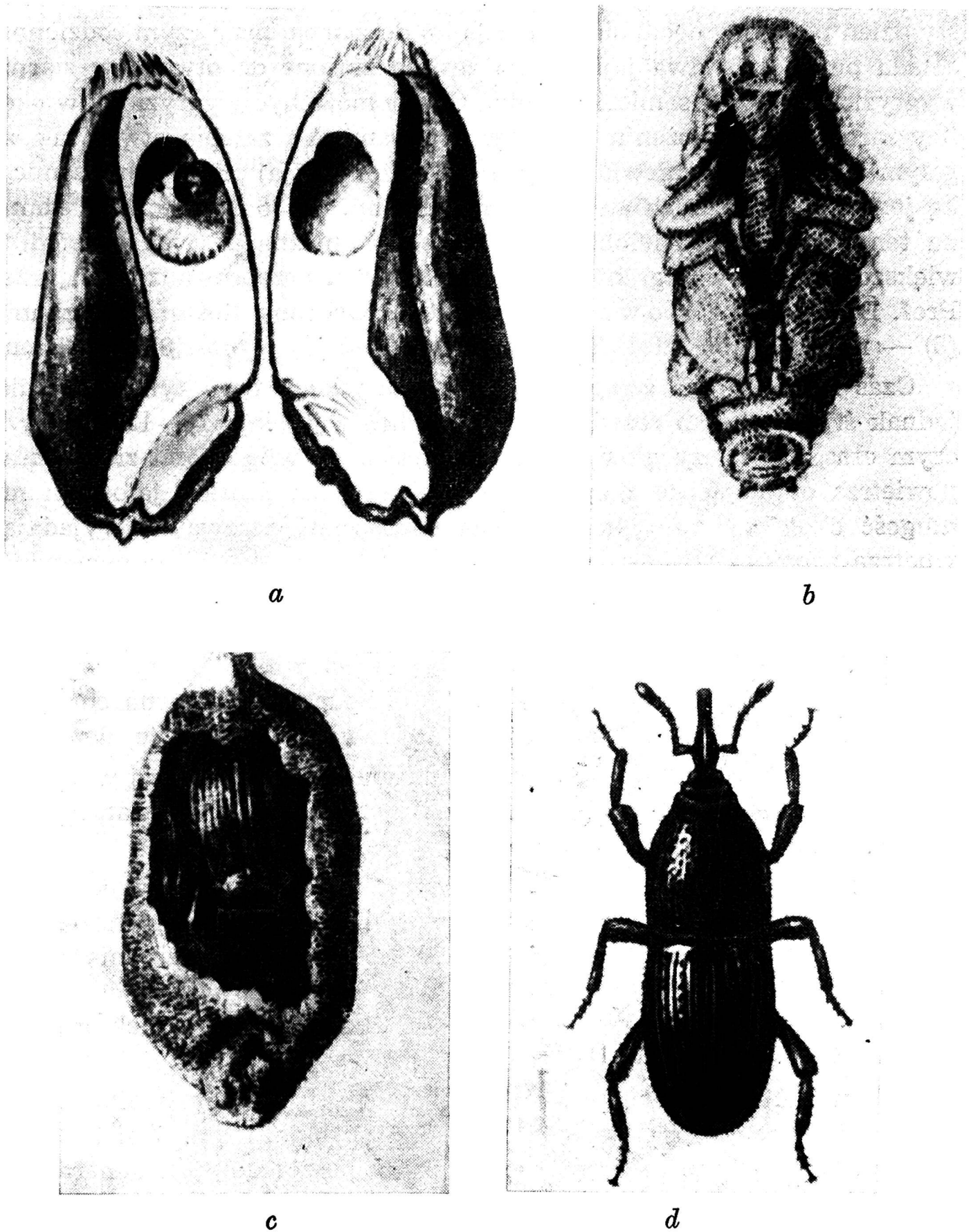
Rzędu: Chrząszcze (*Coleoptera*)

Podrzęd: wielożerne (*Polyphaga*)

Rodzina: ryjkowcowate (*Curculionidea*).

Jest to najbardziej znany, a jednocześnie jeden z najgroźniejszych szkodników ziarna. Ojczyzna wołka zbożowego nie jest dokładnie znana, chociaż szkodnik ten występował już w starożytności. Według literatury, ojczyzną wołka zbożowego jest prawdopodobnie wschód i niektórzy autorzy podają nawet, że być może Azja Środkowa, a inni, że okolice Morza Śródziemnego (18). Obecnie wołek zbożowy występuje prawie na całym świecie. Klimatu tropikalnego i subtropikalnego nie znosi, a więc w krajach o takim klimacie nie powoduje większych szkód gospodarczych. Jest on głównie szkodnikiem magazynowanego ziarna żyta — pszenicy i jęczmienia, chociaż także dobrze rozwija się w ziarnach innych zbóż, jak np. owsa, gryki, ryżu, kukurydzy, a również i w niektórych przetworach mącznych (np. makaron).

Wołek zbożowy rozmnaża się bardzo szybko. Dojrzałość płciową przy sprzyjających warunkach może osiągnąć nawet po jednym dniu od chwili wyjścia chrząszcza z ziarna (8), zazwyczaj jednak dopiero czwartego



Rys. 3. Niektóre stadia rozwojowe wołka zbożowego według M. Gromadskiej
 a — larwa wołka zbożowego w rozciętym ziarnie, b — poczwarka wołka zbożowego, c — świeżo wylęgły chrząszcz dorosły wewnątrz ziarna, d — wołek zbożowy — chrząszcz dorosły

lub piątego dnia przystępuje do kopulacji. Samiczka wołka już na szesnasty dzień po wylęgnięciu się składa jajka do ziarna, przy czym codziennie składa przeciętnie dwa jajka. Jaja zostają złożone do otworu w ziarnie wygryzionego przez samiczkę wołka. Otwór może być wygryziony w okolicy zarodka i po złożeniu do niego jaja samiczka zalepia otwór tak, że gołym okiem jest on niewidzialny. Ilość złożonych jaj przez jedną samiczkę jest według różnych autorów zmienna, np. od 36 do 225, lecz zdania na ten temat są podzielone. Średnio jednak można przyjąć — według większości autorów zagranicznych oraz z badań przeprowadzonych przez Prof. Dr Z. Gołębiowską z Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu (8) — na około 150 sztuk. Przeciętna wielkość jaj wynosi $0,65 \times 0,3$ mm.

Czas rozwoju jaja w sprzyjających warunkach trwa tylko 3,5 dnia, jednak średnio latem rozwój trwa 8—9 dni, a jesienią 10—12 dni, przy czym czas ten zależy głównie od temperatury i wilgotności ziarna oraz powietrza otaczającego ziarno. Larwa po wyjściu z osłon jajowych ma długość około 0,4 mm i natychmiast rozpoczyna żerowanie, wyjadając wnętrze ziarna. Cały rozwój larwy trwa 3—6 tygodni i jak poprzednio powiedziano zależy głównie od temperatury i wilgotności. Przepoczwarczenie trwa około 9 dni, po czym lęgną się chrząszcze, które przez kilka jeszcze dni przebywają w ziarnie, gdzie ich jasno żółty, chitynowy pancerz stopniowo twardnieje i ciemnieje. Po opuszczeniu ziarna chrząszcz ma barwę jasno brązową, a w miarę dojrzewania całkowicie ciemnieje.

Jak z powyższego krótkiego przeglądu widać, pełny rozwój wołka zależny jest od otaczających warunków i przy optymalnych naturalnych warunkach może trwać od 29 do 35 dni.

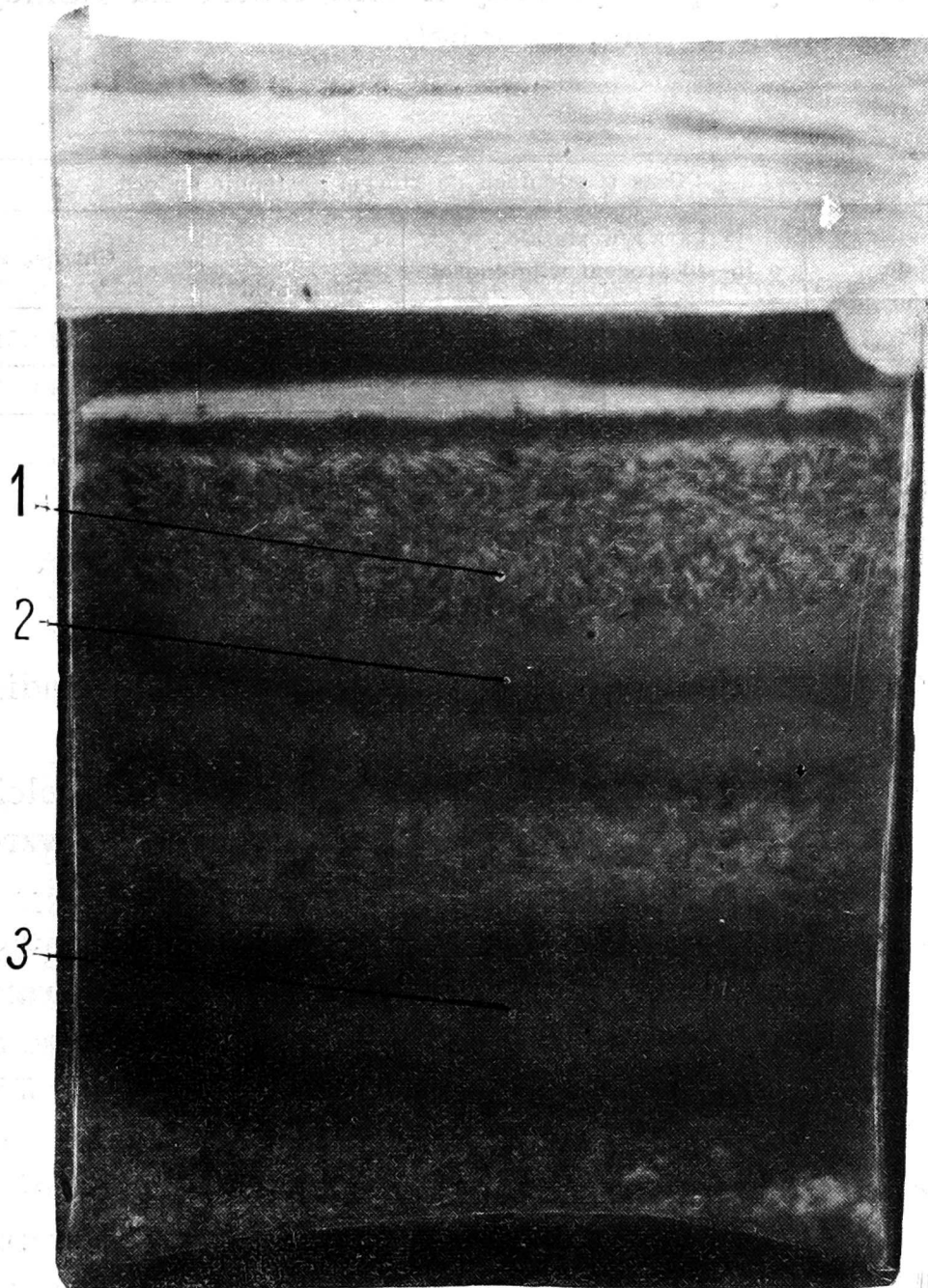
W naszych warunkach liczba pokoleń wołka w ciągu roku wynosi przeciętnie dwa, ale głównie zależy to od warunków klimatycznych, oraz od jakości pomieszczenia magazynowego. W ciepłych pomieszczeniach magazynowych (według Sandnera) (17) może dochodzić nawet do pięciu. Poniżej na rys. 3 pokazano zdjęcie wołka zbożowego oraz niektóre jego stadia rozwojowe.

Jak widać z powyższego krótkiego przeglądu rozwoju wołka zbożowego, rozmnażania się jego jest bardzo szybkie i np. Andersen obliczył teoretycznie przyrost osobników w poszczególnych generacjach w sposób następujący:

I generacja	2 chrząszcze
II generacja	42 chrząszcze
III generacja	882 chrząszcze
IV generacja	18 522 chrząszcze
V generacja	388 962 chrząszcze
VI generacja	8 168 202 chrząszcze

Szkody wyrządzone przez wołka zbożowego w ziarnie siewnym są olbrzymie, bowiem chrząszcze i larwy uszkadzają zarodki i takie ziarno wysiane w glebę nie kiełkuje. Oprócz zjadania ziarna, wołek powoduje także zagrzewanie się ziarna, zwiększenie jego wilgotności i zanieczyszczanie odchodami.

Na rys. 4 pokazano skutki złego przechowywania ziarna, które zostało silnie porażone wołkiem zbożowym. Według S a n d n e r a (17) w Polsce można przyjąć obecnie, że około 5% magazynowanego ziarna pada co



Rys. 4. Ziarno żyta w słoju silnie zakażone wołkiem zbożowym: 1 — warstwa żyta częściowo uszkodzona na skutek żerowania chrząszczy, 2 — warstwa żyta wilgotnego zaczynającego pleśnieć pod wpływem wilgoci i podwyższonej temperatury, 3 — ziarno zczerniałe, zbite w jednolitą gnijną masę

rok pastwą wołka zbożowego. Zatem problem dezynsekcji ziarna magazynowanego jest bardzo istotny, a z punktu widzenia gospodarczego — konieczny.

3. WPŁYW PODWYŻSZONEJ TEMPERATURY NA ŻYCIE WOŁKA ZBOŻOWEGO W POSZCZEGÓLNYCH STADIACH ROZWOJU

Według przeprowadzonych badań przez Nauczno-Isledowatielnoj Institut Ziarna, wpływ podwyższonych temperatur na funkcje życiowe wołka zbożowego podaje poniższa tabela:

Tabela 1

Temperatura	Czas w minutach po którym następuje śmierć					
	jajo w ziarnie	Larwy w ziarnie o 15—16 procent wilgotności		Poczwarki	Chrzążcze wiekiem	
		młodsze	starsze		młodsze	starsze
1	2	3	4	5	6	7
45°C	180	60	90	90	300	240
48°C	60	25	45	45	55	50
50°C	55	7	20	15	35	20
55°C	4	7	3	3	10	10

Czasy podane w tabeli określają zniszczenie danego stadium rozwojowego wołka zbożowego przy danej temperaturze.

Jak widać z danych zamieszczonych w tabeli 1 — wołek zbożowy i poszczególne jego stadiumy rozwojowe są mało odporne na wzrost temperatury.

W badaniach stwierdzono, że w temperaturze powyżej 35°C wszystkie dorosłe chrząszcze giną po 13 dniach. W temperaturze około 42,5°C przy małej wilgotności względnej powietrza chrząszcze giną w ciągu dwóch dni, natomiast w temperaturze około 46,5°C przy 75% wilgotności względnej powietrza, po dwóch dniach żyje jeszcze 70% chrząszczy, mimo, że temperatura jest wyższa o 4°C od poprzedniego doświadczenia. Stwierdzono także, że gdy zawartość wody w ziarnie spada poniżej 10% — zarówno jaja jak i larwy — giną. Należy zatem wnioskować, że przy badaniach należy zawsze pamiętać nie tylko o temperaturze otaczającego środowiska, ale również o wilgotności otaczającego powietrza i ziarna.

Przeprowadzone doświadczenia z temperaturami niskimi (tzn. poniżej 0°C) wykazały, że wołek zbożowy posiada dużą odporność na działanie niskich temperatur i w nich tylko zahamowuje się jego rozwój.

Czas rozwoju jednego pokolenia wołka zbożowego w zależności od temperatury według danych P. D. Rumiancewa przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Lp.	Temperatura °C	Czas rozwoju w dniach	Uwagi
1	2	3	4
1	17—20	80—57	
2	20—22	58—44	
3	23—24	38—32	
4	25—26	33—30	
5	27	28—29	

Tabela 2 przedstawia, że przy optymalnej temperaturze tj. 27°C czas rozwoju jednego pokolenia wołka zbożowego wynosi około 28 dni.

Wszystkie przytoczone powyżej dane odnoszą się do temperatury uzyskanej na drodze podgrzewania konwekcyjnego utrzymywanego ciągle przy pomocy termostatów bądź też odpowiednich termosów.

4. WPROWADZENIE TEORETYCZNE DO ZAGADNIENIA DEZYNSEKCJI ZIARNA PRĄDAMI WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

Ciała materialne można podzielić w zależności od przewodzenia prądu elektrycznego na dwie grupy: 1) przewodniki, 2) nieprzewodniki czyli tzw. izolatory.

Takiego podziału dokonał już w roku 1729 Gray.

Przewodniki według niego charakteryzują się tym, że ładunki elektryczne mogą przemieszczać się swobodnie po ich powierzchni, a izolatory są to materiały nieprzewodzące prądu elektrycznego.

Późniejsze badania wykazały, że idealnych nieprzewodzących teoretycznie ciał materialnych nie ma, istnieją tylko dobre i złe przewodniki elektryczności. W ujęciu fizycznym jedną z charakterystycznych wielkości dla podziału ciał materialnych w zależności od przewodzenia prądu elektrycznego jest przewodność właściwa.

Przewodniki mają wartości przewodności właściwej w granicach od 10^4 do $10^5 \frac{1}{\text{om} \cdot \text{cm}}$; a izolatory od rzędu 10^{-14} do $10^{-15} \frac{1}{\text{om} \cdot \text{cm}}$. Ciała materialne, których przewodność właściwa waha się w granicach od rzędu 10^2 do $10^{-5} \frac{1}{\text{om} \cdot \text{cm}}$ nazywają się półprzewodnikami.

Każdy materiał nieprzewodzący, czyli tzw. izolacyjny jest jednocześnie dielektrykiem.

Ziarno żyta, które należy do tematu tej pracy należy do materiałów nieprzewodzących.

Faraday (1791—1867) zwrócił już uwagę na działanie pola elektrycznego w dielektrykach i stwierdził, że rodzaj dielektryka i jego właściwości wpływają na pole elektryczne.

Wpływ dielektryka na pole elektryczne określano jako ϵ — stałą dielektryczną zwaną inaczej przenikalnością dielektryczną, która wyraża się stosunkiem pojemności C — kondensatora, gdy między jego płytami znajduje się dielektryk, do pojemności tego samego kondensatora C_0 — gdy między płytami znajduje się próżnia. Ujmując to matematycznie otrzymujemy wzór:

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

Należy zaznaczyć, że określona w powyższy sposób stała dielektryczna ϵ jest właściwa tylko dla ciał izotropowych, natomiast dla kryształów wartość ϵ nie jest skalarem, ale wielkością tensorową. Po uzyskaniu przez Federsena w roku 1862 po raz pierwszy wielkich częstotliwości oraz przy dalszych badaniach zauważono, że dielektryki i półprzewodniki umieszczone w polu wielkiej częstotliwości nagrzewają się, a ich stała dielektryczna zatracą cechy stałości.

Nagrzewanie się dielektryków dla celów suszenia i szybkiego podgrzewania wykorzystano dopiero podczas drugiej wojny światowej.

Przyczyną nagrzewania się dielektryków w polu wielkiej częstotliwości są straty dielektryczne. Najbardziej rozpowszechnionym poglądem nagrzewania się dielektryków do obecnej chwili jest teoria Debye'a. Według tej teorii uzyskuje się wyniki jakościowo i ilościowo dostatecznie zgodne z przeprowadzonymi badaniami. Hipoteza obrazująca strukturę dielektryków zakłada zgodnie z elektronową budową materii, że wewnątrz każdego dielektryka wszystkie poziomy energetyczne w poszczególnych atomach zajęte są przez elektrony. Elektrony oraz ładunki dodatnie nie mogą przemieszczać się z jednego poziomu energetycznego na drugi, bowiem nie mogą zmieniać swoich orbit, a jedynie przesuwają się względem siebie, zatem przez dielektryki nie może płynąć prąd elektryczny. Pod wpływem przyłożonego do dielektryka pola elektrycznego następuje tzw. polaryzacja dielektryka polegająca na przesunięciach ładunków elektrycznych w atomach i cząsteczkach lub na ustawieniu się dipoli równolegle do kierunku linii pola elektrycznego. Cząstki dielektryka nabierają zatem cech właściwych dla dipoli. Miarą polaryzacji dielektryka jest

właśnie ε — przenikalność dielektryczna, im większa jest polaryzacja, tym większe jest ε .

Pod wpływem zmiennego pola w spolaryzowanym dielektryku występuje zmiana orientacji kierunkowej dipoli i według teorii Debye'a pewna część energii pola zostaje zużyta na pokonanie sił tarcia międzycząsteczkowego i wydzielenie jej w postaci ciepła. Ponieważ zmienne pola elektryczne stosowane do nagrzewania dielektryków mają zazwyczaj częstotliwość powyżej 3 MHz, zatem i dipole muszą zmieniać swoją orientację kierunkową w takt zmian pola. Na skutek jednak strat cieplnych oraz bezwładności dipoli polaryzacja nie nadąża za zmianami przyłożonego pola elektrycznego i przy częstotliwości zmian pola zwanej relaksacyjną — efekt cieplny jest największy. Przy większych częstotliwościach i mniejszych od relaksacyjnej efekt cieplny jest mniejszy od maksymalnego.

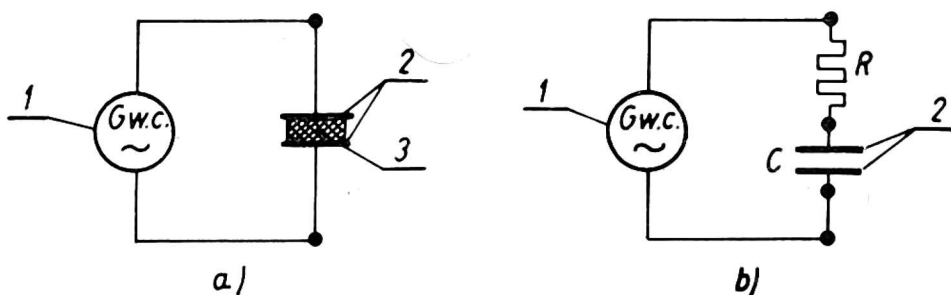
Ponieważ, jak wiadomo idealnych izolatorów nie ma, zatem przez każdy dielektryk płynie jakaś mała, ale określona wielkość prądu, a więc przesunięcie wektora napięcia przyłożonego i prądu są mniejsze niż 90° . Oznaczając kąt zawarty między U i I przez φ rys. 6, a kąt $(90^\circ - \varphi)$, przez δ , uzyskuje się kąt δ zwany kątem strat dielektrycznych.

Wartość liczbowa $\operatorname{tg} \delta$ nazwana została współczynnikiem strat dielektrycznych.

Wydzielona ilość ciepła pod wpływem zmian pola elektrycznego zależy od wielkości a i $\operatorname{tg} \delta$, a iloczyn tych dwóch wielkości nazywa się stratnością dielektryczną.

Właśnie straty dielektryczne w ziarnie żyta wykorzystuje się do podgrzania ziarna i zabicia zawartych w nim szkodników.

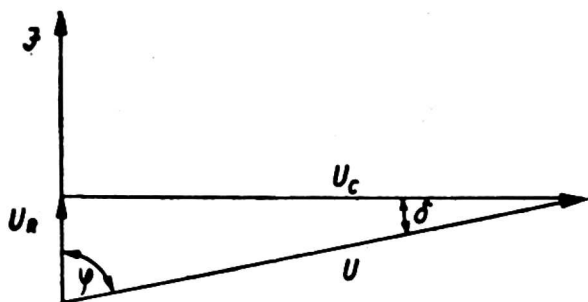
Dla określenia mocy, jaka jest pochłaniana przez dielektryk należy przeprowadzić następujące rozważania i obliczenia: Dielektryk został umieszczony między elektrodami grzejnymi kondensatora płaskiego, które podłączono do generatora wielkiej częstotliwości. Uproszczony schemat takiego połączenia przedstawiono na rys. 5a.



Rys. 5. a) Uproszczony schemat nagrzewania dielektrycznego; b) Układ zastępczy nagrzewania dielektrycznego: 1 — generator wielkiej częstotliwości, 2 — elektrody kondensatora płaskiego, 3 — dielektryk, C i R — pojemność i opór zastępczy dielektryka (3)

Elektryczny układ zastępczy obwodu, w którym wydzielana moc cieplna będzie równoważna mocy cieplnej na wsadzie przedstawiony jest na rys. 5b. Składa się on z pojemności idealnej C i oporu R , ponieważ tylko w idealnym kondensatorze bez strat oporność R byłaby równa zero.

Wykres wektorowy dla układu pokazanego na rys. 5b, przedstawiony jest na rys. 6.



Rys. 6. Wykres wektorowy (wskazowy) dla układu przedstawionego na rys. 5b

Wektor natężenia prądu I jest w fazie z napięciem U_R , stąd wynika, że:

$$U_R = I \cdot R \quad (2)$$

gdzie

U_R — napięcie na oporności R

I — natężenie prądu w obwodzie

Napięcie U_C (rys. 6) jest przesunięte względem prądu I o 90° , obrazuje bowiem napięcie na kondensatorze idealnym.

Napięcie U jest przesunięte względem natężenia prądu I o kąt φ . Ponieważ kondensator idealny żadnej mocy czynnej nie pobiera, wobec tego otrzymujemy na moc elektryczną pobraną przez ten układ (rys. 5b) następujący wzór:

$$P = I^2 \cdot R = I \cdot U_R \quad (3)$$

Napięcie U_C określa się wzorem:

$$U_C = I \cdot X_C \quad (4)$$

gdzie

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (5)$$

podstawiając wzór 5 do wzoru 4 otrzymuje się:

$$U_C = I \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (6)$$

gdzie

X_C — oporność pojemnościowa kondensatora

C — pojemność kondensatora

f — częstotliwość

Z wykresu wektorowego rys. 6 wynika, że:

$$U_C = U \cdot \cos \delta \quad (7)$$

$$U_R = U \cdot \sin \delta \quad (8)$$

Porównując wzory nr 6 i 7 otrzymujemy:

$$U \cdot \cos \delta = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (9)$$

Przekształcając wzór 9 uzyskuje się natężenie prądu I

$$I = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U \cdot \cos \delta \quad (10)$$

Podstawiając do wzoru nr 3 wzór 8 i 10 otrzymujemy:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U^2 \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta \quad (11)$$

Z wzorów trygonometrycznych wiadomo, że:

$$\sin \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}} ; \cos \delta = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta}}$$

mnożąc przez siebie otrzymujemy:

$$\sin \delta \cos \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} \quad (12)$$

Wartość $\operatorname{tg}^2 \delta$ przy małych kątach δ jest mała i można ją pominąć, wówczas otrzymamy wynik przybliżony:

$$\sin \delta \cdot \cos \delta \approx \operatorname{tg} \delta \quad (13)$$

podstawiając wzór 13 do wzoru 11 otrzymujemy:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (14)$$

Pojemność kondensatora płaskiego określa się wzorem:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \frac{S}{d} \text{ (F)} \quad (15)$$

gdzie

C — pojemność kondensatora płaskiego w (F)

ε_0 — przenikalność dielektryczna próżni = $0,088543 \times 10^{-12}$ (F)

— czyli około $0,0886 \times 10^{-12}$ $\left(\frac{\text{F}}{\text{cm}}\right)$

ε_r — względna przenikalność dielektryczna badanego ziarna,

S — powierzchnia płyty kondensatora grzejnego (cm^2),

d — grubość warstwy dielektryka wypełniającego kondensator (cm)

Jeżeli obliczaną pojemność z wzoru 15 podstawimy do wzoru 14, otrzymuje się wzór na moc elektryczną pobraną przez układ z rys. 5:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{S}{d} \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (16)$$

Moc wydzieloną we wsadzie najczęściej przelicza się w watach na objętość 1 cm^3 oraz zamiast napięcia U we wzorze 16 wprowadza się wielkość E — natężenie pola elektrycznego, przy czym:

$$E = \frac{U}{d} \left(\frac{\text{V}}{\text{cm}} \right) \quad (17)$$

Wprowadzając więc wyżej wspomniane zmiany — wzór 16 będzie przedstawiał się następująco:

$$\begin{aligned} p &= \frac{P}{V} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot E^2 \cdot \operatorname{tg} \delta = \\ &= 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 0,0886 \cdot 10^{-12} \cdot \varepsilon_r \cdot E^2 \cdot \operatorname{tg} \delta \end{aligned}$$

po przeliczeniu wartości otrzymuje się:

$$p = 0,556 \cdot 10^{-12} \cdot f \cdot \varepsilon_r \cdot E^2 \cdot \operatorname{tg} \delta \left(\frac{\text{W}}{\text{cm}^3} \right) \quad (18)$$

gdzie

V — $S \cdot d$ (cm^3) — objętość wsadu

p — moc wydzielona w objętości 1 cm^3 wsadu $\left(\frac{\text{W}}{\text{cm}^3} \right)$

f — częstotliwość w (Hz)

ε_r — względna przenikalność dielektryczna

E — natężenie pola elektrycznego w $\left(\frac{\text{V}}{\text{cm}} \right)$

$\operatorname{tg} \delta$ — współczynnik strat dielektrycznych wsadu

Z wzoru 18 wynika, że pochłanianie mocy przez dielektryk, a tym samym i jego nagrzewanie, jest tym szybsze im wartości E ; f ; ε_r ; i $\operatorname{tg} \delta$ są większe.

Podobne rozumowanie można przeprowadzić zakładając jako wektor odniesienia nie natężenie prądu I , a napięcie U .

Wzór powyższy, jak i teoria ogólna jest dostosowana do materiałów jednorodnych, a więc takich, które w całej swojej masie posiadają jednokowe właściwości fizyczne i elektryczne. Ziarno żyta rozpatrywane w pracy jak i występujące w nim wołki zbożowe są bardzo złożonym dielektrykiem i obliczenia teoretyczne prowadzą do bardzo skomplikowanych wzorów, które w praktyce nie miałyby większego zastosowania.

Należy jednak pamiętać, że wyprowadzony wzór 18 jest uproszczony według danych wzoru 12 i 13 i dla dielektryków o bardzo małych wartościach kąta $\text{tg}\delta$ ($\text{tg}\delta < 0,1$) może być stosowany. Przy wartościach $\text{tg}\delta$ większych od 0,1 należy w obliczeniach według wzoru 18 zamiast $\text{tg}\delta$ wyprowadzić iloraz $\frac{\text{tg}\delta}{1 + \text{tg}^2\delta}$ względnie już wyprowadzony wzór pomnożyć przez współczynnik k

$$k = \frac{1}{1 + \text{tg}^2\delta}$$

Ziarno żyta umieszczone między elektrodami kondensatora grzejnego jest dielektrykiem niejednorodnym, którego stała dielektryczna zależy między innymi także i od ułożenia się ziarna. Wsad między elektrodami składa się z jednorodnej masy ziarna, zawierającego 73% węglowodanów, 8% białka, reszta 19% w postaci błonnika, tłuszczu, soli mineralnych i wody. Należy także dodać, że zawartość wyżej wymienionych składników w każdym ziarnie waha się w granicach kilku procent w zależności od odmiany i wykształcenia ziarna. Oprócz wymienionych właściwości wpływ na nagrzewanie się ziarna ma stopień jego dojrzałości oraz zawartość wilgoci, która jest zmienna nie tylko w poszczególnych partiach ziarna, ale także i w poszczególnych warstwach.

Przy ogrzewaniu ziarna w polu wielkiej częstotliwości należy zawsze pamiętać, że nie jest to materiał chemiczny składający się z określonych pierwiastków przeznaczony do obróbki termicznej, ale jest to organizm żywy, którego funkcje życiowe w czasie nagrzewania mogą zostać uszkodzone lub zniszczone.

W masie ziarna przebywają różne szkodniki, między innymi wołki zbożowe, w formie młodych i dorosłych chrząszczy, które zazwyczaj przebywają na zewnątrz ziarna żyta oraz larw, poczwerek i jaj znajdujących się wewnątrz ziarna.

Wiadomym jest, że nagrzewanie dielektryków w polu elektrycznym wielkiej częstotliwości przebiega jednocześnie w całej masie, dzięki czemu przyspiesza się znacznie proces ich nagrzewania. Dotychczasowe badania przeprowadzone nad suszeniem ziarna w polu elektrycznym wielkiej częstotliwości wykazały, że wsad, jakim jest ziarno można traktować jako dielektryk zastępczy o pewnych wartościach ϵ i $\text{tg}\delta$ wypadkowych.

Nagrzewania ziarna w polu elektrycznym wielkiej częstotliwości bardzo często w literaturze określa się jako „nagrzewanie pojemnościowe”, a urządzenia służące do nagrzewania nazywa się „nagrzewnicami pojemnościowymi”.

Nowa metoda dezynsekcji ziarna przy pomocy pola elektrycznego wielkiej częstotliwości polega na wykorzystaniu różnic stratności die-

lektrycznych ziarna i wołka zbożowego. Badania przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych i w Związku Radzieckim wykazały, że względna przenikalność dielektryczna dla wołka zbożowego przy częstotliwości 40 MHz wynosi około 6,6; a żyta około 3,6 przy wilgotności 17,6%. Dla innych częstotliwości różnice są podobne.

Dzięki wyżej wspomnianym właściwościom, uzyskuje się selektywne nagrzanie różnych dielektryków w polu elektrycznym. Dielektryki o większej stratności dielektrycznej nagrzewają się do wyższej temperatury, a o mniejszej stratności dielektrycznej do niższej temperatury.

Wołek zbożowy, poczwarki, larwy i jaja dzięki innej budowie niż ziarno nagrzewają się szybciej niż masa żyta, tracąc więc intensywniej wodę w organizmie zostają zabite.

Istnieją różne poglądy na temat oddziaływania pola elektrycznego na wołka zbożowego, przy czym nie jest jeszcze wyjaśnione, czy czynnikiem uśmiercającym jest tylko ciepło, czy zachodzą także u owadów inne zjawiska biologiczne powodujące ich zniszczenie.

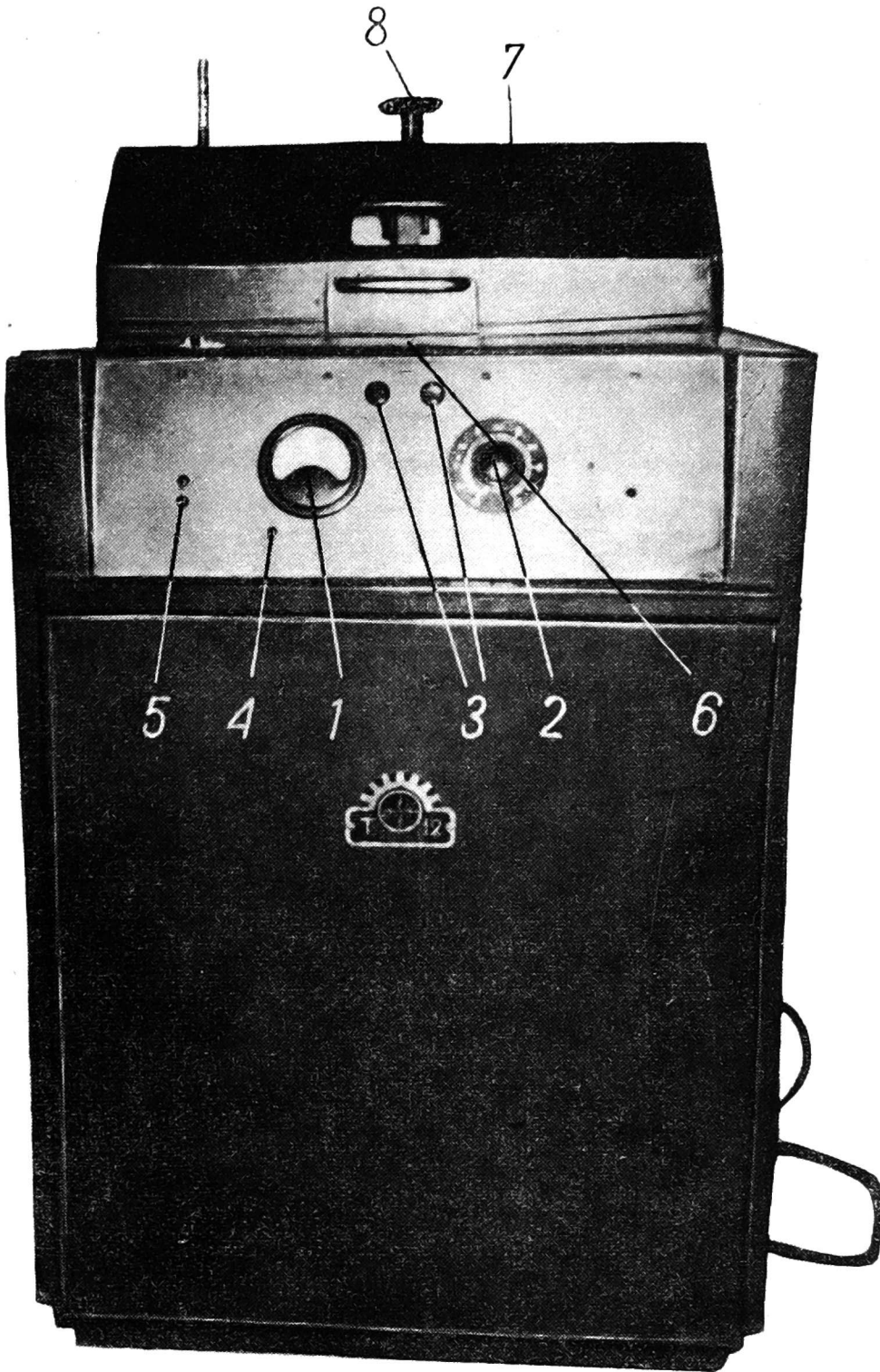
Zadaniem tej pracy jest określenie w myśl tego co powiedziano poprzednio, przy jakich warunkach, w zakresie częstotliwości od 8 do 25 MHz zostają zabite dojrzałe wołki zbożowe oraz czy już w tych określonych warunkach giną także poczwarki, larwy i jaja wołka zbożowego.

5. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA URZĄDZEŃ I PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH UŻYTYCH DO BADAŃ

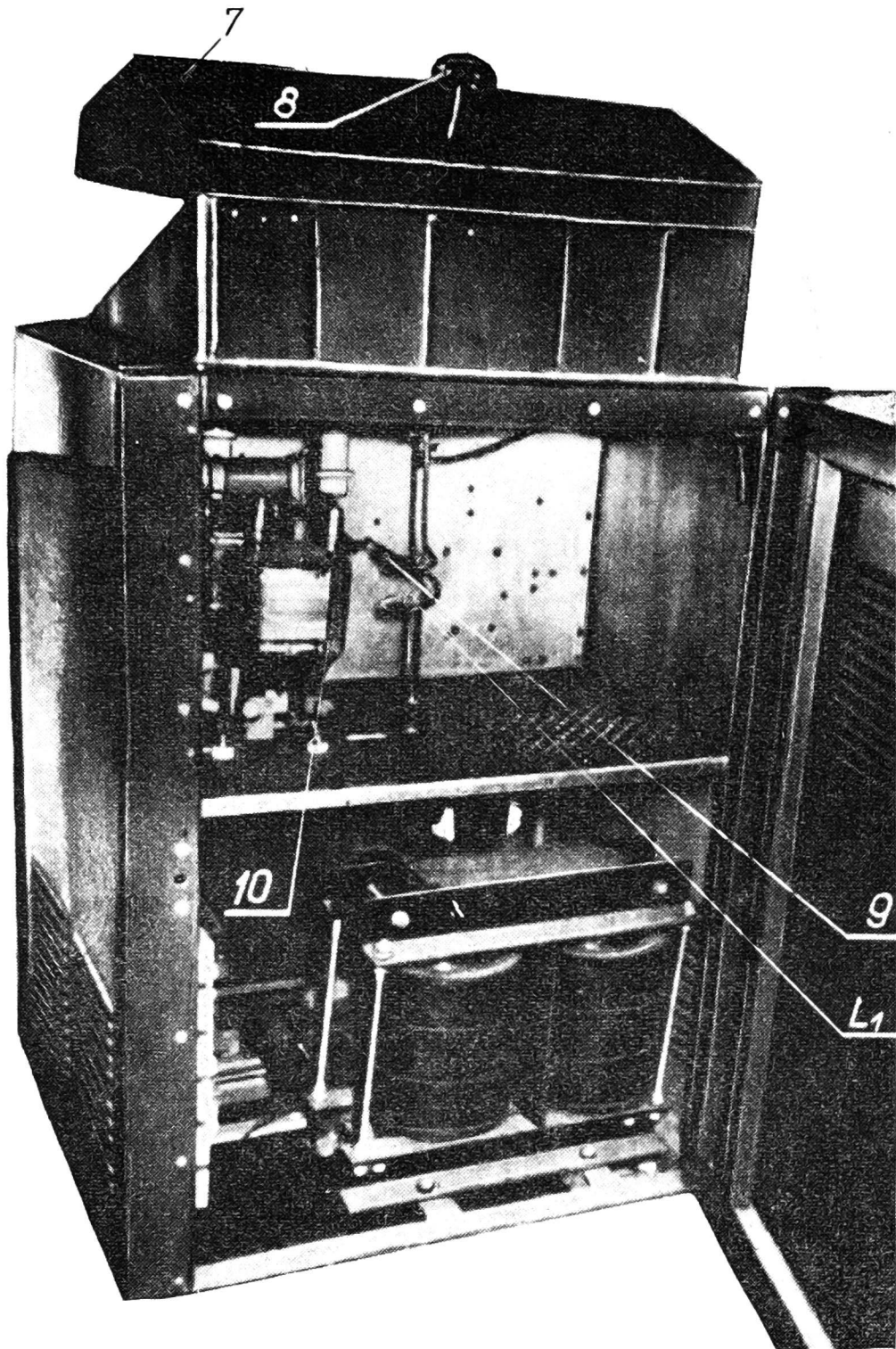
5.1. Generator wielkiej częstotliwości

Generator wielkiej częstotliwości przystosowany do prowadzonych badań został wyprodukowany przez Zakłady Wytwórcze Urządzeń Elektronowych T-12 w Warszawie. Widok strony frontowej tego generatora przedstawiono na rys. 7, gdzie po lewej stronie na pulpicie „sterującym” umieszczony jest miliamperomierz — 1 prądu stałego o zakresie od 0 do 100 mA, kl. 0,5; a po prawej stronie przełącznik czasowy — 2. Oznaczenia numerowe na rysunkach 7, 8 i 9 dla przejrzystości zastosowano jednoznaczne. Generator jest wyposażony całkowicie w urządzenia do przemiany energii elektrycznej o częstotliwości 50 Hz na energię elektryczną wielkiej częstotliwości.

Regulację częstotliwości uzyskano przez odpowiednią wymianę cewek L_1 i L_2 oraz przez dostrojenie regulowanego kondensatora C_1 . Na rysunku 8 pokazano po otwarciu drzwiczek widok wnętrza generatora wielkiej częstotliwości, po stronie przeciwnej niż na rys. 7. Na rysunku 8 wyraźnie widoczna jest wymienna cewka L_1 . Przez wymianę cewek i zmianę po-



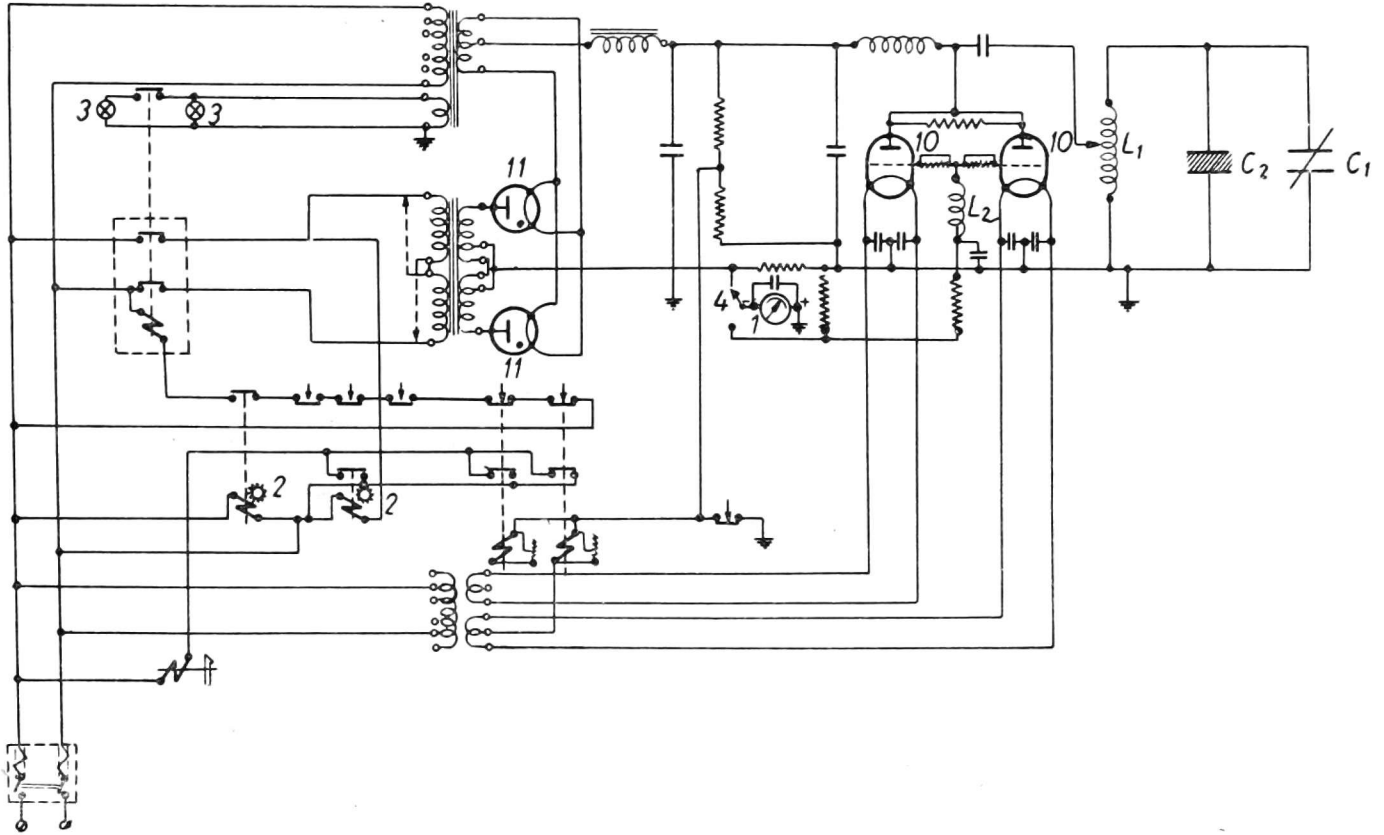
Rys. 7. Ogólny widok strony frontowej generatora wielkiej częstotliwości: 1 — miliamperomierz, 2 — przekaźnik czasowy, 3 — lampki kontrolne, 4 — przycisk przełącznika, 5 — przyciski sterujące wyłącznika głównego, 6 — przycisk wyłączający pokrywę, 7 — pokrywa, 8 — uchwyt izolacyjny do płynnej regulacji odstępów płyt kondensatora grzejjego



Rys. 8. Ogólny widok wnętrza generatora wielkiej częstotliwości: 7 — pokrywa (otwarta), 8 — uchwyt izolacyjny do płynnej regulacji odstępów płyt kondensatora grzejnego, L_1 — cewka wymienna, 9 — odstęp do regulacji napięcia, 10 — lampa generacyjna

jemności uzyskano przy obciążonym generatorze następujące częstotliwości: 8; 11,5; 18; i 25 MHz. Regulację napięcia między elektrodami kondensatora grzejnego uzyskiwano głównie poprzez zmianę położenia odczepu (6) na cewce L_1 , a zmiany natężenia pola w badanych próbkach przez odpowiednie nastawienie odległości między płytami kondensatora grzejnego.

Schemat ideowy generatora przedstawiono na rysunku 9, gdzie przez liczbę 11 oznaczone są rtęciowe lampy prostownicze F-my Brown Boveri typ DQ-4, a liczbę 10 angielskie lampy generacyjne, f-my Ediswan typ ES-833. Przez C_2 oznaczono kondensator płaski, między płytami którego znajduje się próbka z ziarnem. Największa moc wyjściowa generatora wynosi 1 kW. Zasilanie generatora jednofazowego 220 V, 50 Hz. Maksymalna moc pobierana z sieci 3,0 kVA.



Rys. 9. Schemat ideowy generatora wielkiej częstotliwości

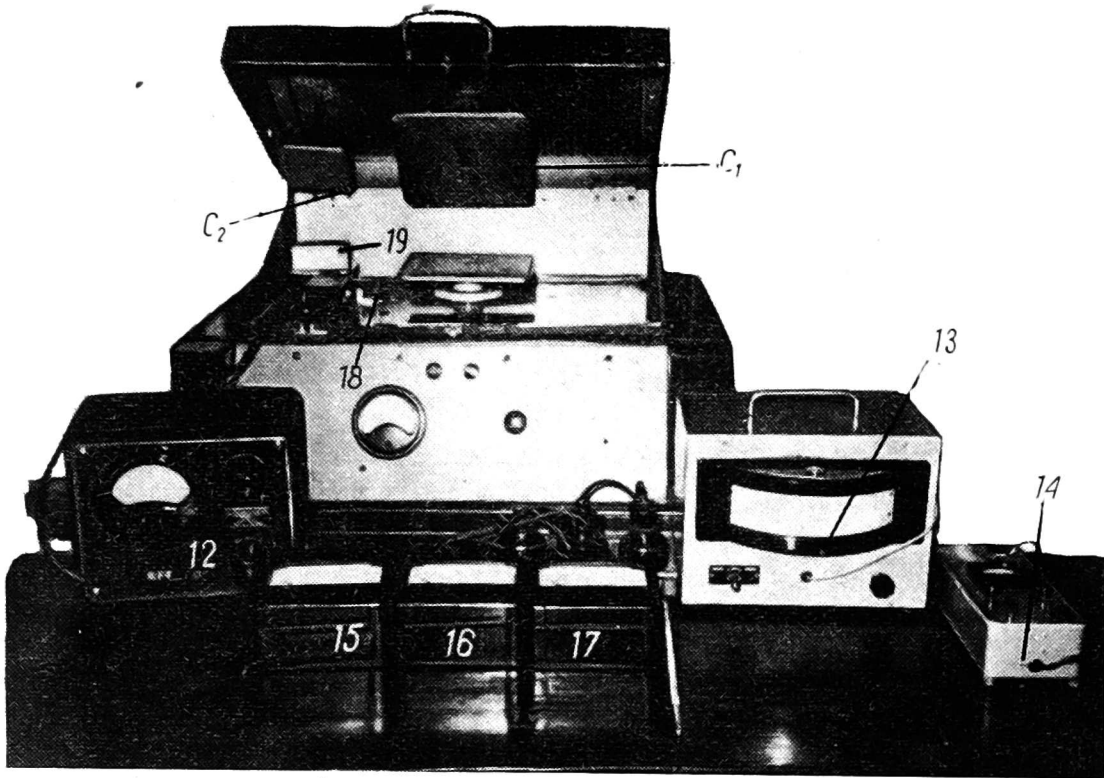
5.2. Woltomierz lampowy

Do pomiaru wartości napięcia między płytami kondensatora grzejnego użyto woltomierza lampowego Nr 1964 F-my RFT, typ 116, o trzech zakresach pomiarowych: 2, 10 i 50 V, kl. 1,5 przy częstotliwościach od 20 do 50 MHz. Napięcie zasilania 220 V, 50 Hz. Woltomierz lampowy pokazany jest na rysunku 10 i oznaczony numerem kolejnym 12. Pomiar napięcia wykonywano poprzez pojemnościowy dzielnik napięcia.

5.3. Miernik częstotliwości

Pomiar częstotliwości wykonywany był przy pomocy przyrządu pomiarowego zwanego „Falomierz-Generator”, typ UFG, F-my INCO, Nr 160 do pomiaru częstotliwości w zakresie od 4 MHz do 250 MHz z dokładnością $\pm 2\%$. Pomiar częstotliwości w tak szerokim zakresie wykonuje się w sześciu podzakresach, które są przełączane za pomocą wymien-

nych cewek. Przy badaniach autor używał tylko dwóch cewek wymiennych i to *B* o zakresie od 7 do 15 MHz i *C* od 15 do 30 MHz. Przyrząd pokazany jest na rysunku 10 i oznaczony numerem kolejnym 14. Zasilanie odbywało się z sieci o napięciu 220 V 50 Hz.



Rys. 10. Generator wraz z przyrządami pomiarowymi i próbką ziarna przygotowany do pracy: C_1 — kondensator o regulowanej pojemności, C_2 — płyty kondensatora grzejnego, 12 — woltomierz lampowy z sondą, 13 — termometr termistorowy, 14 — falomierz — generator do pomiaru częstotliwości, 15 — amperomierz laboratoryjny, 16 — woltomierz laboratoryjny, 17 — watomierz laboratoryjny, 18 — dzielnik napięcia, 19 — próbka z ziarnem żyta

5.4. Przyrządy pomiarowe i urządzenia pomocnicze

- a) Amperomierz laboratoryjny Nr 0109038, kl. 1, od 0—5 A.
- b) Woltomierz laboratoryjny Nr 4207387, kl. 0,2 od 0 do 300 V.
- c) Watomierz laboratoryjny Nr 5504063, kl. 1, od 0 do 1200 W.
- d) Waga techniczna, 0—200 g.
- e) Hygrometry włosowe, szt. 2; Nr Nr 17087, 15148.
- f) Sekundomierz od 0 do 30.
- g) Śruba mikrometryczna z kompletem płytek do regulacji odległości między elektrodami kondensatora grzejnego.
- h) Regulator indukcyjny.
- i) Termometry rtęciowe Nr 5946 od 0 do 50°C i Nr 17428 od 0°C do 100°C, F-my „Areometr”.
- j) Termometr termistorowy o zakresie od 0° do 100°C wykonany przez Katedrę Elektroniki Politechniki Poznańskiej.
- k) Przekładnik prądowy, kl. 0,2; przekładnia 15/5 A.

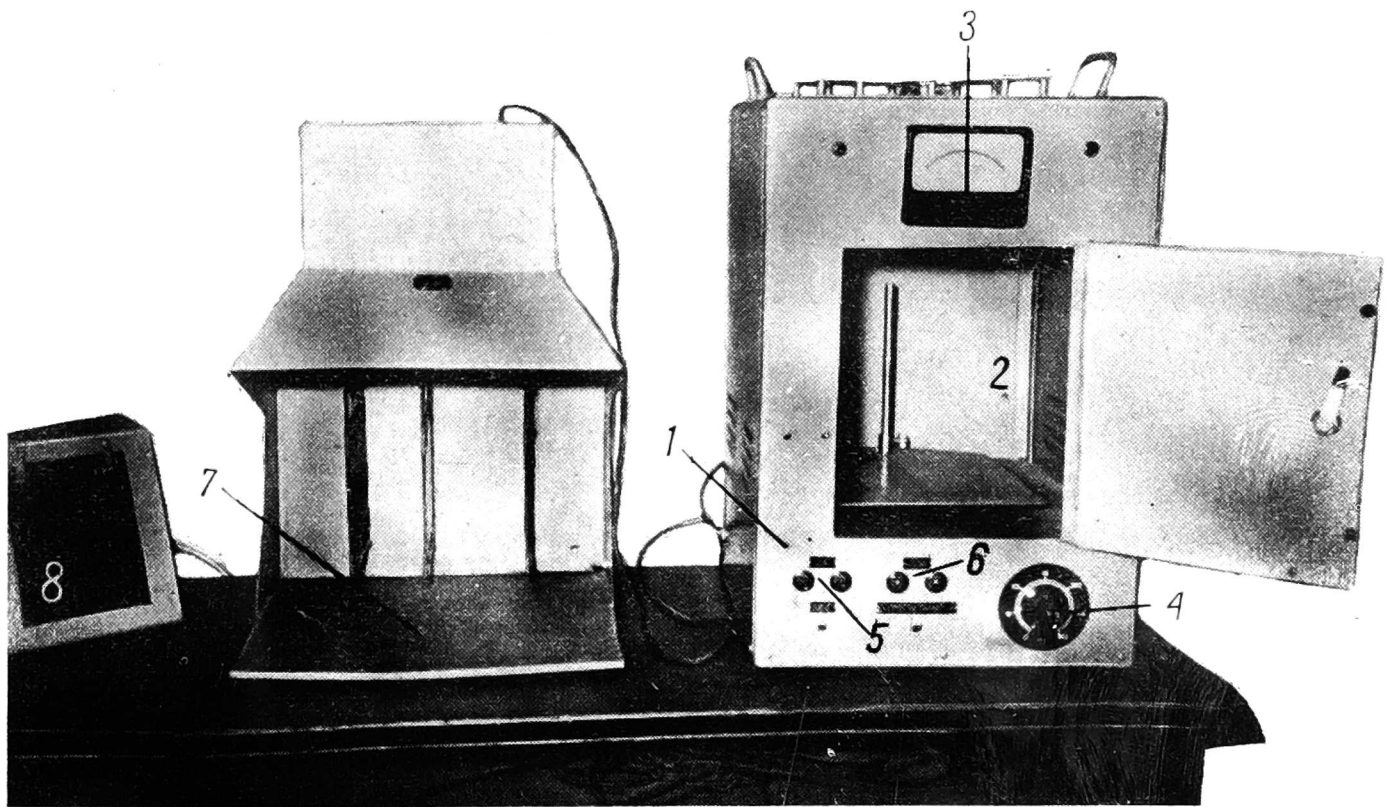
5.5. Miernik wilgotności ziarna

Do pomiaru wilgotności ziarna żyta użyto wilgotnościomierza elektronowego do zboża typ WE-3Z, produkcji „Elektrotechnika” w zakresie pomiaru wilgotności od 12% do 25% przy temperaturze 0°C oraz od 9% do 22% przy temperaturze 40°C. Dokładność pomiaru $\pm 0,3\%$ wartości bezwzględnej. Okresowo przy każdym cyklu doświadczeń, próbki zmierzone przy pomocy wilgotnościomierza elektronowego, były kontrolowane metodą suszarkową.

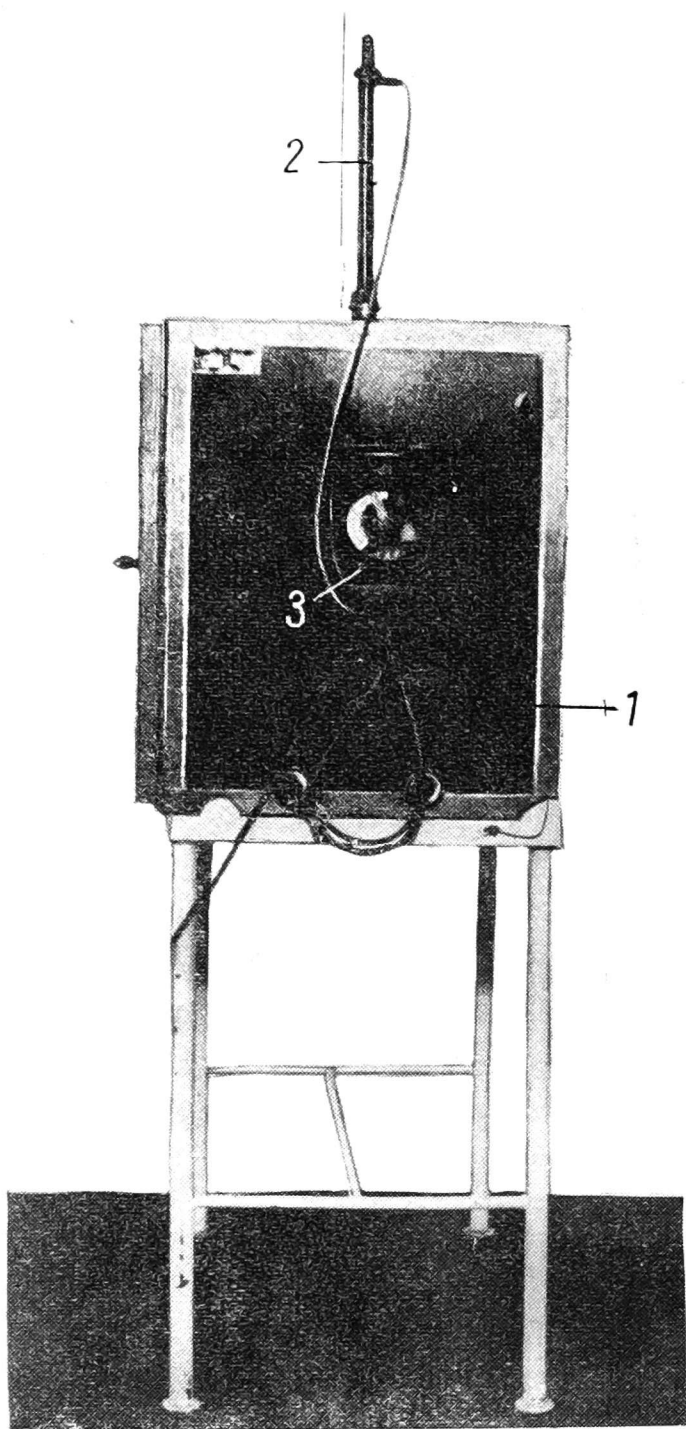
Powyższy typ wilgotnościomierza może być zasilany z baterii lub z sieci. Przy prowadzonych badaniach zasilany był tylko z sieci prądu zmiennego o napięciu 220 V, 50 Hz.

5.6. Aparat Rentgena typu RP-12-2

Aparat przeznaczony jest do wykonywania zdjęć rentgenowskich ziarna i wykrywania szkodników znajdujących się w ziarnie. Aparat został wykonany przez Instytut Elektrotechniki w Warszawie. Zastosowano lampę rentgenowską Philipsa typ 21837, która pracuje przy napięciu stałym 12 kV i prądzie stałym około 3 mA. Czas ekspozycji może być



Rys. 11. Ogólny widok aparatu rentgenowskiego do ziarna: 1 — aparat rentgenowski, 2 — naświetlana komora, 3 — przyrząd pomiarowy, 4 — przełącznik czasowy, 5 — bezpieczniki i wyłącznik sieciowy, 6 — bezpieczniki i wyłącznik lampy rentgenowskiej, 7 — suszarka do klisz, 8 — megatoskop



Rys. 12. Ogólny widok cieplarki: 1 — termostat, 2 — termometr kontaktowy z nastawianą regulacją temperatury, 3 — przekaźnik REp4 załączający i wyłączający zasilanie (sterowany termometrem kontaktowym)

zmieniany przy pomocy przekaźnika czasowego w granicach od 0 do 30 minut.

Na rysunku 11 pokazany jest aparat rentgenowski wraz z suszarką i negatoskopem, na którym odczytuje się wykonane zdjęcia.

Aparat zasilany jest napięciem 220 V, 50 Hz. Zapotrzebowanie mocy z sieci wynosi około 0,4 kW.

5.7. Cieplarka — typ TB-2

Służy do automatycznego regulowania temperatury wewnątrz komory roboczej. Ogrzewanie płaszcz wodnego odbywa się grzejnikami o mocy 800 W, regulacja temperatury od temperatury otoczenia do 100°C , za pomocą termometrów kontaktowych rtęciowych, z nastawianą regulacją temperatury, które swoje impulsy przekazywały: pierwszy na przekaźnik typu REp4, który miał za zadanie regulowanie temperatury na 18°C , drugi był nastawiony o 2°C wyżej niż pierwszy i miał spowodować zadziałanie drugiego przekaźnika REp4 przy temperaturze 20°C i utrzymywać tę temperaturę.

Na rysunku 12 pokazana jest cieplarka, gdzie widać wyraźnie jeden z termometrów kontaktowych i jeden przekaźnik REp4.

6. METODYKA BADAŃ

Badania zwalczania wołka zbożowego w ziarnie żyta przy pomocy pola elektrycznego wielkiej częstotliwości przeprowadzono w trzech wartościach wilgotności ziarna i różnych czasów, zmieniając także parametry elektryczne jak E — natężenie pola elektrycznego i f — częstotliwość.

Badania wstępne rozpoczęto po skompletowaniu aparatury pomiarowej i odpowiednim przystosowaniu generatora wielkiej częstotliwości w dniu 14 listopada 1959 roku. Okres prac przygotowawczych trwał od października 1958 r. do listopada 1959 r.

6.1. Wilgotność ziarna żyta użytego do badań

Badania niszczenia wołka zbożowego w ziarnie żyta przeprowadzono dla trzech wartości wilgotności, to jest dla: 13; 16 i 18 %.

Przyjęte do badań wartości wilgotności ziarna uzasadnia się następująco:

a) Wilgotność około 14 % jest wilgotnością średnią jaką powinno mieć ziarno normalnie przechowywane w magazynach zbożowych, spichrzach i elewatorach. W latach, gdy zbiory zbóż przeprowadzane są przy dobrej pogodzie, wilgotność ziarna może być nawet znacznie niższa niż 13 %.

Z dotychczasowych badań wiadomo, że wołek zbożowy może się rozwijać dopiero w ziarnie o wilgotności powyżej 10 %, natomiast rozmnażać się może przy wilgotności ziarna od 13 do 16 %, jednakże optymalna zawartość wilgoci dla rozmnażania się wołka i jego rozwoju wynosi od 17,5 do 20 %. Z powyższych powodów przyjęto do badań najmniejszą wartość wilgotności ziarna żyta 13 %. Należy zaznaczyć, że normy jakościowe dla ziarna żyta PN-57 MP-55/2-191 dzielą żyto w zależności od wilgotności na 4 stopnie. W tabeli nr 3 podano zakresy wilgotności ziarna żyta w procentach dla każdego stopnia.

Tabela 3

Stopień	Stan żyta	Wilgotność w procentach
1	suche	do 14% włącznie
2	średnio suche	14 do 15,5
3	wilgotne	15,5 do 17
4	mokre	17 do 18

b) Wilgotność 16 % przyjęto dla ziarna żyta dlatego, że zwiększenie intensywności procesów oddychania żyta następuje wówczas, gdy wilgotność przechowywanego ziarna wzrasta ponad 15 %.

Według N. P. Koźmina i W. L. Krietowicza (13) woda zawarta w ziarnie do około 15 % jest wodą związaną i nie tworzy środowiska niezbędnego dla procesów biochemicznych.

c) Górną granicę wilgotności ziarna żyta 18 % przyjęto do badań dlatego, ponieważ część wody w ziarnie występuje jako „woda kapilarna”. Ziarno zbóż jest bardzo hygroskopijne i woda taka w ziarnie może łatwo przemieszczać się tak w jednym ziarnie jak i w całej masie, dla-

tego w charakterystyce biologicznych procesów zachodzących w masie ziarna woda ta otrzymała nazwę — „wolnej”.

Uwzględniając nasze położenie geograficzne oraz warunki atmosferyczne, zebrane ziarno posiada bardzo często wilgotność około 18%, co skłoniło autora do przyjęcia tej wartości wilgotności ziarna do badań.

Tabela 3a

Lp.	Względna wilgotność powietrza	Równoważna wilgotność ziarna	Uwagi
	%	%	
1	2	3	4

1	20	8,3	
2	30	9,5	
3	40	10,9	
4	50	12,2	
5	60	13,5	
6	70	15,2	
7	80	17,4	
8	90	20,8	

Przyjęcie powyższej wartości 18% wilgotności ziarna uzasadnia też fakt wprowadzenia coraz większej mechanizacji w sprzęcie zbóż, a w szczególności wprowadzenie kombajnów, gdyż ziarno nim sprzątnięte przechodzi okres dojrzewania późniejszego w całości w spichrzu w stanie wysokiej wilgotności. Takie ziarno jest szczególnie wrażliwe na zniszczenie. Należy także nadmienić, że w ziarnie o tak dużej wilgotności rozwijają się również intensywniej szkodniki ziarna. Poza tym, jak wspomniano wyżej, ziarno jest bardzo hygroskopijne i przy 80% wilgotności

względnej otaczającego powietrza i temperaturze 20°C jego wilgotność wzrasta do blisko 18%. Poniżej w tabeli 3a, podano zmiany wilgotności ziarna według I. J. Bachariewa.

Uwzględniając więc powyższe wywody i po przekonsultowaniu się z Prof. Dr Z. Rybickim przyjęto jako trzecią wartość wilgotność ziarna 18%.

6.2. Częstotliwość pola elektrycznego przy badaniach

Z parametrów elektrycznych zmieniano częstotliwość pola elektrycznego przez wymianę zespołu cewek w generatorze wielkiej częstotliwości.

Częstotliwość do badań przyjęto o następujących zakresach: 8; 11,5; 18 i 25 MHz.

Schemat generatora wielkiej częstotliwości, na którym przeprowadzono badania pokazany został na rysunku 9. Jak wspomniano wyżej, przestrajanie generatora na poszczególne częstotliwości wykonywano przez wstępne przeliczenie układu rezonansowego, a następnie przez wykonanie i dopasowanie już dokładne cewek wymiennych L_2 i L_1 (rysunek 9) uzyskiwano odpowiednią częstotliwość. Również dodatkową regulację przy dostrajaniu generatora wielkiej częstotliwości uzyskano przez regulację wielkości szczeliny powietrznej w kondensatorze regulacyjnym

C_1 . Należy w tym miejscu zaznaczyć, że inną częstotliwość ma generator, gdy między okładkami kondensatora grzejnego jest dielektryk i gdy go nie ma, dlatego dostrajanie generatora było zajęciem bardzo pracochłonnym. Regulowanie częstotliwości przeprowadzano przy włożonej próbce i takiej wilgotności, jak miała być stosowana w danej serii prób. Bezpośrednią przyczyną zmiany częstotliwości generatora, jak wspomniano wyżej, była zmienna pojemność — C . Wiadomo, że częstotliwość obwodu, w którym występuje pojemność — C i indukcyjność — L , wyraża się wzorem:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

zatem, przez włożenie dielektryka, jakim było ziarno żyta w próbce zmieniano pojemność — C , należało więc równocześnie tak zmieniać indukcyjność cewki L , aby uzyskać stałą ustaloną częstotliwość.

6.3. Natężenie pola elektrycznego przy badaniach

Zmianę natężenia pola między elektrodami uzyskiwano przez przesunięcie przyczepu na cewce (rys. 8) w obwodzie wytwarzającym drgania elektryczne wielkiej częstotliwości, oraz przez płynną regulację odległości między elektrodami kondensatora grzejnego.

Natężenie pola elektrycznego przy przeprowadzonych badaniach wynosiło odpowiednio 1,1 kV/cm, 1,5 kV/cm i 2,0 kV/cm.

Obliczenia natężenia pola w czasie badań uproszczono przez założenie, że względną przenikalność dielektryczną papieru, z którego wykonano dno i pokrywę pudełka równa się wartości stałej dielektrycznej ziarna żyta.

Powyższe uproszczenie uzasadnia się tym, że grubość pokrywy papierowej i dna pudełka wynosiła łącznie 0,2 mm, a różnica stałej dielektrycznej papieru i ziarna żyta wynoszą odpowiednio:

a) dla żyta względna przenikalność dielektryczna waha się w granicach od 3,2 do 3,9 dla wilgotności ziarna od 13,6 do 17,6 i przy częstotliwości w zakresie od 5 do 30 MHz.

b) Dla papieru względna przenikalność dielektryczna waha się w granicach od 2,4 do 3,7 w zależności od gatunku i nasycenia.

Przy obliczaniu wprowadzono uproszczenie polegające na tym, że zastosowano wzór na natężenie pola:

$$E = \frac{U}{d_1 + d_2} \left(\frac{V}{\text{cm}} \right)$$

gdzie

U — jest napięciem zmierzonym między elektrodami kondensatora grzejnego w (V)

d_1 — grubość warstwy żyta (cm)

d_2 — grubość pokrywy papierowej i dna w pudełku łącznie =
= 0,2 mm = const.,

zamiast wzoru dokładnego

$$E = \frac{U}{d_1 + d_2 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}$$

gdzie

ε_1 — względna przenikalność dielektryczna ziarna żyta,

ε_2 — względna przenikalność dielektryczna papieru.

Dielektryk, jakim jest zboże nie jest wcale prostym dipolem Debye'a, lecz związkiem wielocząsteczkowym i według przeprowadzonych badań stwierdzono, że mostki tlenowe wiążące reszty glukozy zachowują się sztywno w polu elektrycznym, a drganiom w takt zmian pola elektromagnetycznego mogą podlegać tylko grupy (OH) wodorotlenowe.

Wartość zatem przenikalności dielektrycznej ziarna (ε_1) w zbożu zależy między innymi od gatunku zboża, częstotliwości, wilgotności, temperatury ziarna itp. i można założyć w przybliżeniu, że równa się przenikalności dielektrycznej papieru użytego na dno i pokrywę pudełek.

6.4. Charakterystyka ziarna żyta użytego do badań

Do badań objętych tym opracowaniem wzięto żyto ozime z lat 1960 i 1961 odmiany „Wielkopolskie”, które na terenie województwa poznańskiego było używane. Żyto zostało dostarczone przez Centralną Stację Oceny Odmian Ministerstwa Rolnictwa w Słupi Wielkiej.

Hodowla: Wielkopolska Hodowla Roślin.

Miejsce hodowli: Stacja Hodowli Roślin — Szelejewo, powiat Gostyń, woj. poznańskie.

Odmiana ta była wpisana od 1955 roku do Rejestru Odmian Oryginalnych.

Według normy jakościowej dla żyta PN-57 MP-55/Z-191, żyto nie może zawierać szkodników zbożowo-mącznych. Stopień porażenia żyta przez wołka zbożowego określa się:

I stopień — do 3 szt. wołków żywych w 1 kg żyta,

II stopień — powyżej 3 do 6 szt. wołków żywych w 1 kg żyta,

III stopień — powyżej 6 szt. wołków żywych w 1 kg żyta.

Doświadczenia nad zwalczaniem wołka zbożowego w życie prowadzone były w miesiącach od października do maja. W innych miesiącach doświadczeń nie prowadzono ze względu na obniżenie się energii i siły kiełkowania ziarna.

6.5. Wołki zbożowe użyte do badań

Wołki użyte do doświadczeń zostały wyhodowane w warunkach sztucznych w Katedrze Elektryfikacji Rolnictwa Politechniki Poznańskiej. Ziarno żyta zakażone wołkami trzymano w słojach szklanych przykrytych materiałem jedwabnym co pozwalało na dobrą wymianę powietrza.

Warunki dla rozwoju wołków, jak temperaturę, podtrzymywano przy pomocy termostatów w granicach od 24 do 28°C, a wilgotność przy pomocy naczyń rozstawionych, w których umieszczono roztwory wodne z NaCl i KCl, przy czym względną wilgotność powietrza utrzymywano w granicach około 75%, w związku z czym równoważna wilgotność ziarna wynosiła około 17%.

Użyte wołki do doświadczeń nie były jednolitym materiałem hodowlanym co do wieku, ponieważ w doświadczeniach chciano zachować warunki możliwie naturalne panujące w magazynach zbożowych i spichrzach. Wołki przygotowane do badań w ostatnim tygodniu przed próbami były przetrzymywane w zakażonym ziarnie żyta o wilgotności zgodnej z próbkami tj. odpowiednio 13, 16 lub 18% przy temperaturze 20°C. Powyższe warunki zostały podyktowane tym, że czynnik temperatury ma znaczenie decydujące w życiu owadów. Owady bowiem nie mają stałej temperatury ciała, a zależy ona całkowicie od temperatury otoczenia. Odnośnie wilgotności literatura fachowa podaje, że zawartość wody w ciele owadów — szkodników ziarna zależy od wilgotności masy zbożowej. Im większa jest wilgotność ziarna, tym więcej wody znajduje się w ciele wołka zbożowego i odwrotnie.

Ziarno żyta zakażone zawierało także różne stadia rozwojowe wołka zbożowego, jak jaja, larwy i poczwarki, a także stopień zakażenia ziarna był różny, co można stwierdzić np. na kliszy rentgenowskiej (rys. 2).

6.6. Sposób przeprowadzania badań

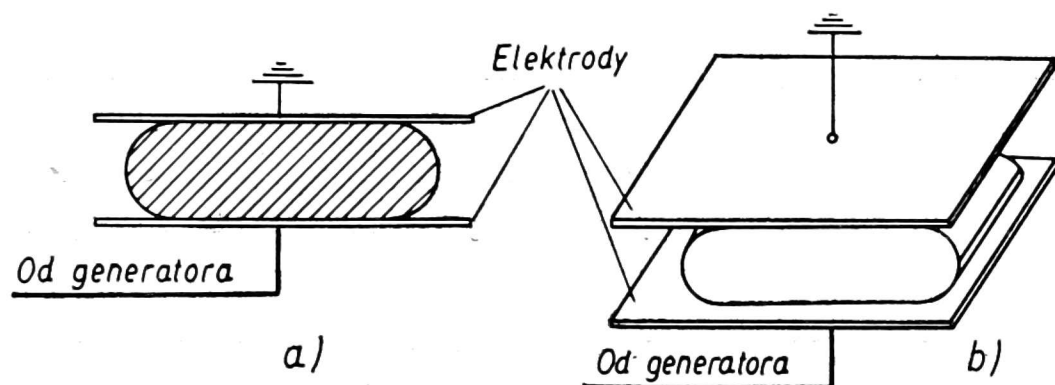
6.6.1. Próby wstępne

Pierwsze badania przeprowadzono na ziarnie żyta, które było umieszczone w woreczkach szytych z płótna o wymiarach 8×8 cm. Woreczek z jednej strony był na długości 2 cm nie zeszyty, przez ten otwór wsypywano ziarno i wołki.

Po wsypaniu ziarna do woreczka miał on wygląd poduszki, rysunek 13a. Jeżeli wołek dostał się do szwa woreczka lub narożnika, żył po próbie, ponieważ poddany był działaniu innych parametrów niż pozo-

stałe, które zginęły, gdyż natężenie pola elektrycznego było znacznie mniejsze dla wołka znajdującego się w narożniku niż gdyby znajdował się w środku worka.

Następne próby przeprowadzono na życie, które było umieszczone w woreczkach szytych w postaci prostopadłościanów. Boki o określonej wysokości wszywano między dwie powierzchnie o wymiarach 8×8 cm (rysunek 13b). Próby przy tego rodzaju woreczkach dały znacznie lepsze



Rys. 13. Umieszczenie woreczków z ziarnem żyta między elektrodami kondensatora grzeijnego

wyniki, lecz ze względu na różne wypukłości woreczków rezultaty pomiarów nie były jednoznaczne.

Na podstawie powyższych wstępnych prób do badań użyto pudełeczek papierowych. Pierwsze próby przeprowadzono na ziarnie żyta, umieszczonym w pudełeczkach pozwoliły stwierdzić, że ten sposób jest najlepszy do przeprowadzania badań.

6.6.2. Próby przeprowadzone na zdrowym ziarnie żyta z chrząszczami

Ziarno zdrowe o określonej wilgotności (13, 16 i 18%), ważyło się i nasypywało do słoików tzw. „słoi do preparatów”. Jednocześnie odliczano po 30 sztuk wołków zbożowych i umieszczało się je w próbce. Słoje do preparatów były szczelnie zamykane (pokrywy doszlifowane) tak, że wołki uciec z próbki nie mogły. Następnie przed samą próbą ziarno wraz z wołkami ze słoików wsypywano do pudełek wykonanych z papieru.

Boki tych pudełek wykonane były z twardej tektury, a pokrywa i dno pudełka wykonane z cienkiego papieru 0,1 mm. Wymiary używanych pudełek były następujące:

dla natężenia pola 1100 V/cm — podstawa 75×75 mm i wysokość 30 mm,

dla natężenia pola 1500 V/cm — podstawa 75×75 mm, wysokość 24 mm,

dla natężenia pola 2000 V/cm — podstawa 75×75 mm, wysokość 17 mm.

Po umieszczeniu próbki na elektrodzie dolnej (o wymiarach 10×10 cm) kondensatora grzejnego zamykano pokrywę, do której była przymocowana regulowana elektroda górna. Rysunek 10 przedstawia generator z otwartą pokrywą. Na rysunku z lewej strony widoczne jest pudełko leżące na dolnej płycie kondensatora C_2 .

Napięcie między płytkami kondensatora C_2 regulowano w zależności od rodzaju układanych próbek. Dla próbek o wysokości 1,7 cm wartość napięcia nastawiano na 3400 V, dla próbek o wysokości 2,4 cm nastawiano na 3600 V oraz dla próbek o wysokości 3,0 cm na 3300 V.

Regulację i strojenie generatora dla każdej częstotliwości, natężenia pola i wilgotności wykonywano przed próbami.

Czas nagrzewania umieszczonej próbki w generatorze był programowany przekaźnikiem czasowym, zabudowanym w generatorze. Przekaznik ten jest dobrze widoczny na rysunku 7, po prawej stronie przyrządu pomiarowego. Możliwość nastawienia czasu wyłączenia była dowolna w granicach do 300 sekund. Czas nastawiany sprawdzano przy pomocy sekundomierza. W czasie przebywania próbki pod działaniem pola elektrycznego wielkiej częstotliwości odczytywano wskazania przyrządów pomiarowych. Po czasie nastawionym na przekaźniku czasowym następowało samoczynne otworzenie się pokrywy górnej, próbkę wyjmowano z kondensatora grzejnego mierząc jej temperaturę.

Pomiaru temperatury dokonywano termometrem termistorowym oraz dla kontroli dodatkowej termometrem rtęciowym, przy czym termometr rtęciowy przed każdym pomiarem posiadał już temperaturę bliską temperaturze badanej próbki. Przybliżoną temperaturę dla termometru rtęciowego ustalano w czasie prób nastawiania generatora.

Po pomiarze temperatury, który trwał termometrem termistorowym kilka sekund, a termometrem rtęciowym około 20 do 30 sekund, próbkę ziarna wysypywano i przy pomocy pędzelka oddzielano wołki od ziarna. Po oddzieleniu wszystkich 30 wołków ustalono, ile ich żyje, a ile jest martwych. W przypadku, gdy były wątpliwości odnośnie któregoś wołka, czy żyje on czy nie, wówczas robiono wysiłki w kierunku pobudzenia go do życia, przez umieszczenie go na drodze strumienia z ciepłego powietrza.

Jeśli w dalszym ciągu były jeszcze wątpliwości, wówczas odkładano go do słoika z ziarnem na pewien okres czasu (1 do 3 godzin), aby później ponownie sprawdzić czy dany osobnik żyje czy nie.

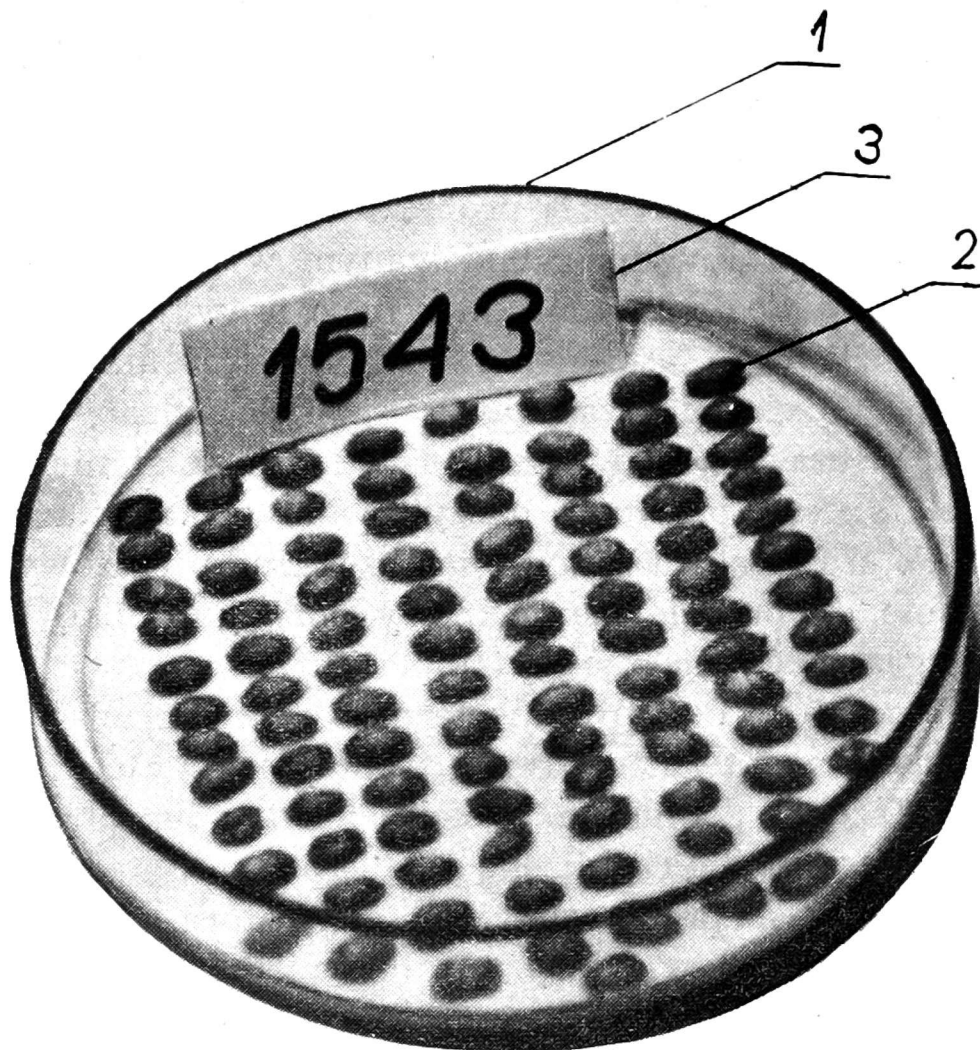
Po wysypaniu ziarna żyta z próbki badanej, odliczono 100 sztuk ziaren, które umieszczono w kiełkownikach.

Kiełkowanie ziarna żyta przeprowadzano na podłożu z bibuły filtracyjnej, która pocięta na krążki umieszczona była w okrągłych szklanych płytkach (Petriego).

Do nawilżania podłoża (bibuły filtracyjnej) stosowano wodę wodociągową.

Temperaturę optymalną dla ziarna żyta (18°C) utrzymywano w cieplarni (rysunek 12) przy pomocy termometru kontaktowego i przełącznika.

Ziarna rozmieszczano na podłożu tak, aby nie dotykały się wzajemnie, co przedstawia rysunek 14. Każdą próbkę oznaczono kolejnym nume-



Rys. 14. Przykład rozmieszczenia ziarna w płytce Petriego przeznaczonych do kiełkowania: 1 — okrągła szklana płytka Petriego z pokrywą, 2 — ziarno zboża, 3 — numer kolejnej próbki dla celów kontrolnych

rem kontrolnym. W każdym dniu do prowadzonej serii prób pobierano również ziarno kontrolne do kiełkowania. Przebieg kiełkowania próbek z ziarnem żyta był codziennie poddawany obserwacji, aby zapewnić optymalne warunki rozwojowe.

Energię kiełkowania dla ziarna żyta obliczano po 4 dniach, a siłę kiełkowania po 7 dniach. Orzeczenie zdolności kiełkowania ziarna polegało na określeniu ilości nasion (z tych 100 pobranych z próbki) rzeczywiście kiełkujących, tzn. zdolnych do wydania normalnie rozwijającej się rośliny.

Próby wykonywano w 6 powtórzeniach, przy czym każde powtórzenie wykonywane było w odstępach około 5-minutowych, tak aby elektrody grzejne w generatorze ostygły do temperatury otoczenia około 20°C.

Po skończeniu próby w 6 powtórzeniach, zmieniano czas przebywania próbki między płytami kondensatora grzejjego i wykonywano następną serię prób.

Wyniki poszczególnych prób zapisywano w protokołach pomiarowych. Wzór protokołu pokazany jest na rysunku 15.

W protokole tym rubryka 1 podaje numer kolejny próbki, w rubryce 2 podano na jakim rodzaju ziarna przeprowadzono próby, zdrowym czy też zakażonym. Rubryka 3 podaje ile wołków po przeprowadzonym doświadczeniu zostało zabitych, a w rubryce 4 ile wołków żyje. Rubryka 5 jest sumą rubryki 3 i 4. Wyniki kiełkowania ziarna do rubryki 6 wpisywano po 4 dniach, a w rubryce 7 po 7 dniach. W rubryce 8 podano czas przebywania próbki pod działaniem pola wielkiej częstotliwości, a w rubryce 9 jej ciężar. Pomiar temperatury próbki wpisywano do rubryki 10, a wilgotność ziarna w rubryce 11. Natężenie pola zostało wykazane w rubryce 12, a jego częstotliwość w rubryce 13. Rubryka 14, 15, 16 i 17 zawiera pomiary pomocnicze. Dla każdej grupy pomiarów, gdy zmieniano chociaż jeden z parametrów takich jak częstotliwość, wilgotność czy też natężenie pola, numerację próbek rozpoczynano od nowej setki, ponieważ ilość w żadnej grupie nie przekroczyła 100 doświadczeń.

6.6.3. Próby przeprowadzone na zakażonym ziarnie żyta

Celem stwierdzenia, czy przy tych samych parametrach, przy których zostają zabite dorosłe chrząszcze giną również jaja, larwy i poczwarki, przeprowadzono jednocześnie z próbami podanymi w punkcie 6.6.2. następujące badania.

Ziarno zakażone, którego stopień zainfekowania określano w aparacie rentgenowskim, poddawano takim samym próbom, co poprzednio dla chrząszczy.

Wyniki tych prób podane są w tych samych tabelach na końcu każdej grupy badań.

Pudełka z zakażonym ziarnem umieszczano jak poprzednio między płytami grzejjymi kondensatora i trzymano je przez określony czas. Po wyjęciu próbki mierzono jej temperaturę i całość ziarna umieszczano w słojach do preparatów, oznaczając jednocześnie próbkę kolejnym numerem. Badania podobnie jak poprzednie powtarzano 6-krotnie, a dla celów porównawczych pobrano także próbki kontrolne z reszty ziarna, które nie było poddawane pod działanie pola elektrycznego wielkiej częstotliwości.

Temperatura otoczenia 20°C

Wilgotność względna 75%

Pomiary przeprowadzono dnia 6.XI.1961

Nr kolejny próbki	Rodzaj ziarna		Włóków zbożowych w próbce			Energia kielkowania próbki badanej %	Siła kielkowania próbki badanej %	Czas działania pola sek.	Waga próbki g	Temperatura końcowa próbki °C	Wilgotność ziarna %	Natężenie pola W. C. V/cm	Częstotliwość MHz	Prąd anodowy α_1	Napięcie siatki α_2	Natężenie prądu pobranego z sieci A	Moc pobrana z sieci W	Uwagi
			zabitych	żyjących	razem													
			szt.	szt.	szt.													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
3401	Ziarno	zdrowe	0	30	30	83	89	20	121	34,0	18	1500	11,5	30	29	3,8	760	
2	"	"	3	27	30	85	90	↓	↓	34,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3	"	"	0	30	30	84	86	↓	↓	34,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
4	"	"	0	30	30	82	88	↓	↓	34,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
5	"	"	2	28	30	85	89	↓	↓	34,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
6	"	"	0	30	30	84	90	↓	↓	34,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3407	"	"	5	25	30	87	90	25	121	38,0	18	1500	11,5	30	29	3,8	760	
8	"	"	11	19	30	82	87	↓	↓	38,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
9	"	"	7	23	30	83	89	↓	↓	38,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
10	"	"	9	21	30	84	88	↓	↓	38,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
11	"	"	8	22	30	86	90	↓	↓	38,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
12	"	"	4	26	30	84	89	↓	↓	38,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3413	"	"	11	19	30	83	88	30	121	41,5	18	1500	11,5	30	29	3,8	760	
14	"	"	16	14	30	85	89	↓	↓	41,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
15	"	"	22	8	30	82	88	↓	↓	41,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
16	"	"	13	17	30	85	90	↓	↓	41,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
17	"	"	21	9	30	83	89	↓	↓	42,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
18	"	"	19	11	30	84	89	↓	↓	41,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3419	"	"	29	1	30	81	86	35	121	45,0	18	1500	11,5	30	29	3,8	760	
20	"	"	25	5	30	85	90	↓	↓	45,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
21	"	"	30	0	30	83	89	↓	↓	45,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
22	"	"	30	0	30	82	89	↓	↓	45,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
23	"	"	27	3	30	84	90	↓	↓	45,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
24	"	"	30	0	30	86	89	↓	↓	45,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3425	"	"	30	0	30	83	89	40	121	48,5	18	1500	11,5	30	29	3,8	760	
26	"	"	30	0	30	86	91	↓	↓	48,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
27	"	"	30	0	30	84	90	↓	↓	48,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
28	"	"	30	0	30	85	90	↓	↓	48,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
29	"	"	30	0	30	82	88	↓	↓	48,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
30	"	"	30	0	30	86	89	↓	↓	48,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3431	Ziarno	kontrolne				83	89				18							
32	"	"				79	88				↓							
33	"	"				84	90											
34	"	"				87	88											
35	"	"				82	86											
36	"	"				85	88				↓							
Pomiary przeprowadzono dnia 7.XI.1961																		
3437	Ziarno	zdrowe	30	0	30	85	91	45	121	52,0	18	1500	11,5	30	29	3,8	760	
38	"	"	30	0	30	82	89	↓	↓	52,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
39	"	"	30	0	30	84	89	↓	↓	52,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
40	"	"	30	0	30	85	90	↓	↓	52,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
41	"	"	30	0	30	84	90	↓	↓	52,6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
42	"	"	30	0	30	87	91	↓	↓	52,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3443	"	"	10	0	10	83	89	60	121	62,5	18	1500	11,5	30	29	3,8	760	
44	"	"	10	0	10	85	90	↓	↓	62,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
45	"	"	10	0	10	82	88	↓	↓	62,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
46	"	"	10	0	10	86	89	↓	↓	62,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
47	"	"	10	0	10	85	89	↓	↓	62,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
48	"	"	10	0	10	83	90	↓	↓	62,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Rys. 15. Protokół z badań niszczenia włoka zbożowego przy pomocy pola elektrycznego wielkiej częstotliwości (ziarno zdrowe i ziarno kontrolne)

Temperatura otoczenia 20°C
Wilgotność względna 75%
Pomiary przeprowadzono 7.XI.1961

Nr kolejny próbki	Rodzaj ziarna	Ilość wołków w próbie od daty próby po dniach					Czas działania pola sek.	Waga próbki g	Temperatura koncowa próbki °C	Wilgotność ziarna %	Natężenie pola W. C. V/cm	Częstotliwość MHz	Prąd anodowy α_1	Napięcie siatki α_2	Natężenie prądu pobranego z sieci A	Moc pobrana z sieci W	f = 11,5 MHz E = 1500 V/cm W = 18%	Uwagi
		10	20	30	40	razem												
		szt.	szt.	szt.	szt.	szt.												
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
3461	Ziarno zakażone	0	0	0	0	0	121	47,5	18	1500	11,5	30	30	3,8	760			
62	"	↓	↓	↓	↓	↓	↓	47,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
63	"	↓	↓	↓	↓	↓	↓	47,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
64	"	↓	↓	↓	↓	↓	↓	47,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
65	"	↓	↓	↓	↓	↓	↓	48,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
66	"	↓	↓	↓	↓	↓	↓	47,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
3467	Ziarno zakażone kontrolne	4	17	11	7	39	121		18									
68	"	7	12	14	9	42	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
69	"	5	9	12	5	31	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
70	"	13	13	15	8	49	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
71	"	9	7	10	10	36	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
72	"	10	12	15	6	43	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Rys. 16. Protokół z badań niszczenia wołka zbożowego przy pomocy pola elektrycznego wielkiej częstotliwości (ziarno zakażone i ziarno zakażone kontrolne)

Słoiki do preparatów wraz z próbami umieszczono w drugiej cieplarni, gdzie utrzymywano temperaturę około 27°C i dużą wilgotność przy pomocy mokrej bibuły filtracyjnej umieszczonej z boku na słoiku. W samej komorze utrzymywano wilgotność powietrza 80%. Do komory zaglądano codziennie, a co 10 dni otwierano kolejno słoiki i liczone ilości młodych chrząszczy, które w międzyczasie się wylęgły, jednocześnie usuwając je ze słoika.

Okres przygotowywania próbek wynosił 40 dni, a wyniki po każdych kontrolach 10-dniowych wpisywano w odpowiednie rubryki protokołu załączonego na rysunku 16.

Różnica w stosunku do protokołów zasadniczych (rysunek 15) nastąpiła w rubrykach od 3 do 7, gdzie w rubryce 3 wpisywano ilość wołków w próbce po 10 dniach, w rubryce 4 po 20 dniach, rubryce 5 po 30 dniach oraz w rubryce 6 po 40 dniach. Rubryka 7 sumuje wszystkie wołki z rubryk 3 do 6. Pozostałe rubryki w protokole nie zmieniły się, ponieważ badania były przeprowadzane w tych samych warunkach co i dla chrząszczy. Czas działania pola elektrycznego wielkiej częstotliwości na próbkę z ziarnem zakażonym został ustalony jako średnia arytmetyczna z czasu, przy którym wszystkie chrząszcze zginęły i z czasu poprzedniego, np.: dla częstotliwości 8 MHz, natężenia pola 1500 V/cm i wilgotności ziarna 13%, czas przy którym wszystkie wołki zginęły we wszystkich powtórzeniach wynosił 125 sekund, przy poprzednim czasie 120 sekund w próbkach nr nr 3619 i 3624 żyło jeszcze po jednym wołku, w próbkach nr 3620, 3621 i 3623 nie żył żaden, a w próbce nr 3622 żyły 2 wołki.

Do badań nad zakażonym ziarnem żyta przyjęto czas $\frac{125 + 120}{2} = 122,5$ sek.

Przyjęte czasy są wykazane w protokołach pomiarowych — rubryka 8.

Próbki kontrolne pobierane były z tego samego ziarna zakażonego o wadze takiej samej jak wynosiła waga próbki poddanej działaniu pola wielkiej częstotliwości.

7. OPRACOWANIE I OMÓWIENIE WYNIKÓW Z PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Na podstawie wykonanych badań zawartych w protokołach pomiarowych od str. 27 do 139, a umieszczonych w załączniku do tej pracy uważano, że procent śmiertelności wołków w funkcji czasu, przy stałych wielkościach częstotliwości, natężenia pola elektrycznego i wilgotności,

można przedstawić w postaci krzywej dystrybuanty normalnego rozkładu według funkcji:

$$F_{(t)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^t e^{-\frac{v^2}{2}} dv \quad (19)$$

Z. Hellwig (10) w części statystyki matematycznej udowadnia zbieżność podstawowych pojęć probabilistycznych i statystycznych, wprowadzając odpowiednik dystrybuanty — częstość skumulowaną.

W oparciu o statystykę matematyczną (10) wykreślono krzywe częstości skumulowanej

$$G(x) = f(X) \quad (20)$$

gdzie

$G(x)$ — oznacza częstość skumulowaną śmiertelności wołka zbożowego

X — czas obliczony jako środek przedziału klasowego.

Częstość skumulowaną $G(x)$ — wyznaczyć można na drodze obliczeniowej według wzorów podanych w tabeli 4. Dla przykładu przeprowadzono obliczenia dla protokołu z dnia 6 XI 1961 r. dla częstotliwości $f = 11,5$ MHz; natężenia pola elektrycznego $E = 1500$ V/cm i wilgotności ziarna $w = 18\%$.

Obliczenia przeprowadzono w tabeli 4, gdzie przedstawiono rozkład empiryczny, który w rachunku prawdopodobieństwa jest odpowiednikiem rozkładu teoretycznego.

Tabela 4

L. p.	Numery próbek badanych	Czas działania pola t	Ilość zabitych wołków n'	Środek przedziału klasowego x	n' skumulowane n''	Częstość klasy $g(x) = \frac{n''}{N}$	Częstość skumulowana $G(x) = \frac{n''}{N}$
—	—	sek	szt.	sek	szt.	—	—
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3401 ÷ 3406	20	5	20	5	0,010	0,010
2	3407 ÷ 3412	25	44	22,5	49	0,088	0,097
3	3413 ÷ 3418	30	102	27,5	151	0,203	0,300
4	3419 ÷ 3424	35	171	32,5	322	0,340	0,640
5	3425 ÷ 3430	40	180	37,5	502	0,357	1,000

$N = 502$

W tabeli 4 w rubryce 2 podano kolejne numery próbek z protokołu, a w rubryce 3 rzeczywisty czas działania pola elektrycznego na badaną próbkę. Suma zabitych wołków we wszystkich sześciu powtórzeniach

podana została w rubryce 4. Dane w rubryce 5 obliczono na podstawie rubryki 3, jako środek przedziału klasowego, a w rubryce 6 obliczono wartość skumulowaną n'' z danych wyjściowych rubryki 4. Rubryka 7 obliczona została według wzoru:

$$g(x) = \frac{n'}{N} \quad (21)$$

gdzie

$g(x)$ — częstość zabicia wołka zbożowego w danym przedziale klasowym,

n' — ilość zabitych wołków z rubryki 4,

N — w tym przypadku, jako wartość skumulowana wynosi 502 — obliczone na podstawie rubryki 6.

Rubryka 8 przedstawia częstość skumulowaną, a obliczenie jej przeprowadzono według wzoru:

$$G(x) = \frac{n''}{N} \quad (22)$$

W tym samym doświadczeniu (rysunek 15) próby prowadzono jeszcze dalej, przedłużając czasy pobytu próbki w polu elektrycznym. We wszystkich przypadkach nie stwierdzono, aby chociaż jeden wołek przy dłuższych ekspozycjach czasowych ruszał się, próby prowadzono jednak dalej, aby stwierdzić, jaki jest wpływ pola elektrycznego wielkiej częstotliwości na zdolność kiełkowania ziarna.

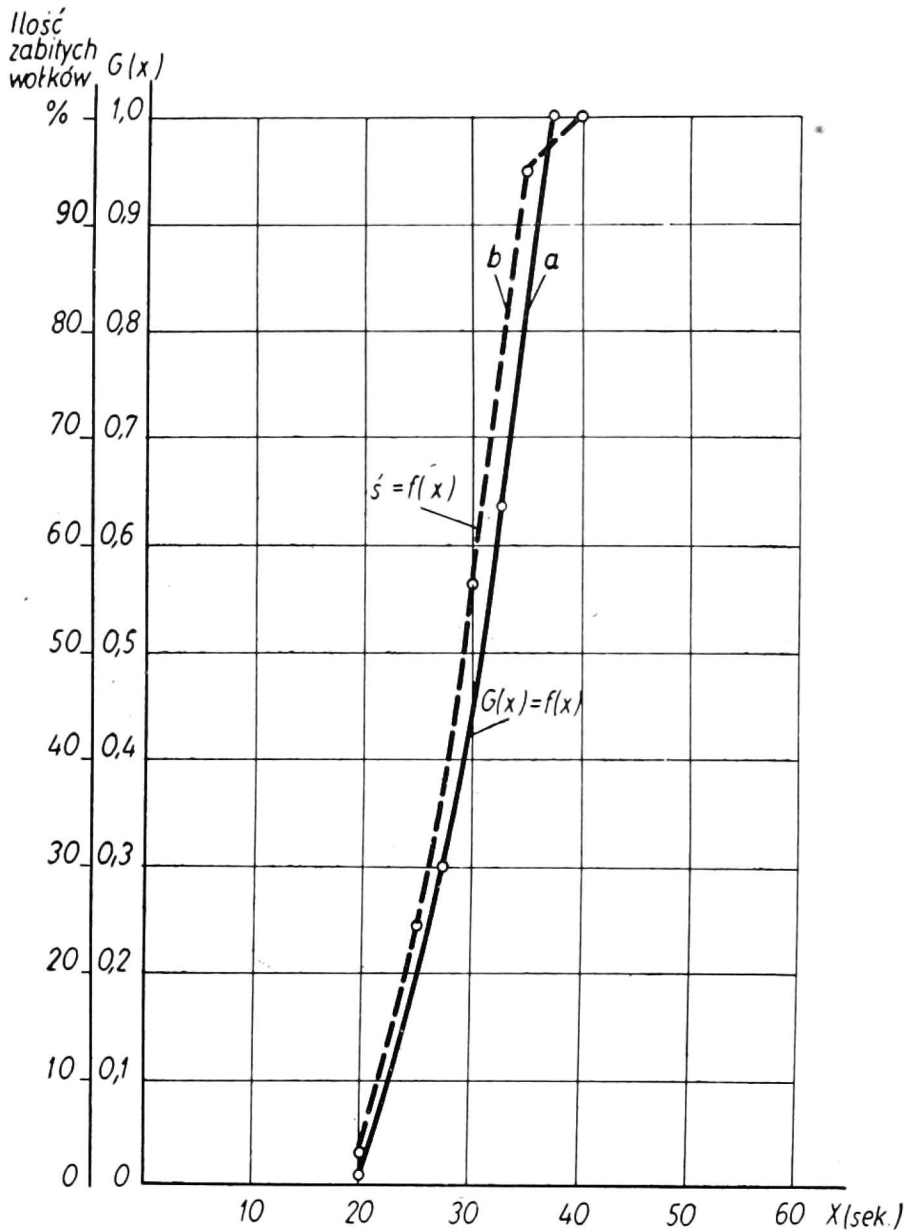
Na podstawie rozkładu empirycznego według rubryki 8 tabeli 4 wykreślono krzywą częstości skumulowanej $G(x) = f(X)$, którą pokazano na rysunku 17 (krzywa prowadzona linią ciągłą).

Różnica między krzywą częstości skumulowanej, a krzywą obliczoną ze średniej arytmetycznej (na podstawie tego samego protokołu rys. 15) przedstawiono na rysunku 17, gdzie krzywa z obliczeń średniej arytmetycznej jest prowadzona linią przerywaną. Z rysunku 17 widać wyraźnie, że krzywa gęstości skumulowanej jest więcej prawdopodobna do rzeczywistego przebiegu zabicia wołków w ziarnie, szczególnie przy wartości bliskiej 100%. Przy badaniach szukano czasu zabicia wszystkich chrząszczy w próbce, a przedziały czasowe między poszczególnymi seriami prób w tym przypadku były nastawiane co 5 sekund. Istnieje więc bardzo duże prawdopodobieństwo, że gdy przy czasie 37,5 sekundy już wszystkie wołki będą zabite, to mogą być tylko małe obustronne odchylenia.

Z powyższego wynika, że w czasie prób należy dążyć do przedziałów czasowych bardzo małych, i gdyby te przedziały wynosiły co 1 sekundę, wówczas środek przedziału klasowego (tabela nr 4) wyznaczony byłby z dokładnością do 0,5 sekundy.

Przy dalszych wykresach, które załączono do niniejszego opracowania przyjęto czasy zabicia wszystkich wołków według punktów obliczonych jako środki przedziałów klasowych dla 100% śmiertelności.

Za przyjęciem powyższych czasów przemawia także fakt, że wołki, które jeszcze pozostają przy życiu w 10 czy w 15% (podczas, gdy 90 czy



Rys. 17. Wykres śmiertelności wołków zbożowych w funkcji czasu przy: $f = 11,5$ MHz, $E = 1500$ V/cm, $w = 18\%$. *a* — Krzywa częstości skumulowanej (dla rys. 15 i tabeli 4). *b* — Krzywa śmiertelności wołka dla wartości średnich arytmetycznych wyrażonych w procentach (dla rys. 15 i tabeli 4)

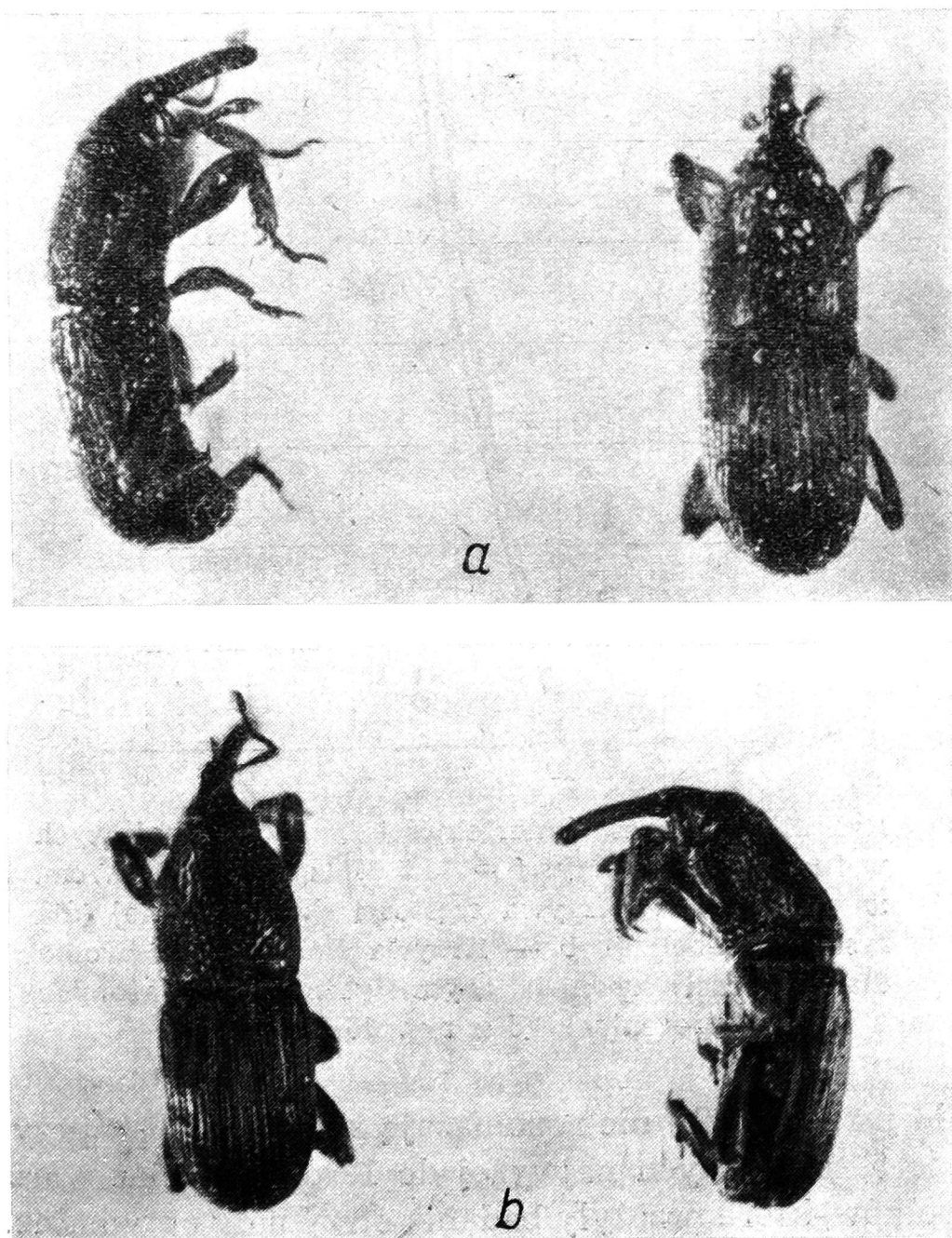
85% zostało już zabitych) nie rozmnażają się i „giną” — przy niektórych próbkach do 5, a w innych najwyżej do 10 dni, chociaż warunki rozwojowe dla wołków, które przeżyły badania otrzymały optymalne.

W doświadczeniach zauważono, że przy czasach, w których ginęło około 50% wołków w próbce, pozostałe żywe owady były uszkodzone

i miały tym większe uszkodzenia im większe stosowane było natężenie pola elektrycznego. Do najczęstszych uszkodzeń należały ułamanie ryjka i popalone oraz powykęcane nogi w stawach, a owady poruszały się na kikutach ud.

Na rys. 18a pokazano wołka żywego przed próbami, a niżej rys. 18b — po próbach, z próbki gdzie 22 wołki z 30 zginęło, pokazany na fotografii ruszał jeszcze kończynami, ale widać wyraźnie, że są one jak gdyby częściowo ukruszone.

Na podstawie wyników uzyskanych w czasie prowadzonych badań, oraz przeprowadzonych obliczeń zawartych w załączniku do niniejszej pracy, uzyskano dane śmiertelności wołków zbożowych w ziarnie żyta. Dane wymienione powyżej zestawiono w tabeli 5, która zastępuje załącznik do niniejszej pracy.



Rys. 18: a — wołek zbożowy przed próbami, widok z boku i z góry, b — wołek zbożowy po próbach

Tabela 5

Zestawienie końcowych wyników z przeprowadzonych badań

Lp.	Częstotliwość MHz	Natężenie po'a elektr. i wilgotność									Uwagi
		E=1100 V/cm			E=1500 V/cm			E=2000 V/cm			
		w=13%	w=16%	w=18%	w=13%	w=16%	w=18%	w=13%	w=16%	w=18%	
—	—	Czas działania wielkiej częstotliwości w sek									—
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	8,0	112,5	87,5	55,0	82,5	57,5	40,0	55,0	37,5	27,5	
2	11,5	105,0	80,0	52,5	75,0	52,5	37,5	50,0	35,0	25,0	
3	18,0	100,0	72,5	42,5	72,5	52,5	32,5	42,5	30,0	22,5	
4	25,0	105,0	82,5	32,5	72,5	55,0	27,5	42,5	27,5	17,5	

W rubrykach od trzeciej do jedenastej wstawiono czasy wyrażone w sekundach, przy których wołek zostaje zabity dla częstotliwości 8; 11,5; 18 i 25 MHz. Dla natężenia pola elektrycznego wielkiej częstotliwości o wartości 1100 V/cm, czasy zestawiono w rubrykach 3; 4 i 5; 1500 V/cm w rubrykach 6, 7 i 8 oraz dla 2000 V/cm w rubrykach 9, 10 i 11.

Wyniki dla ziarna o wilgotności 13% wymienione są w rubrykach 3, 6 i 9; dla wilgotności 16% w rubrykach 4, 7 i 10 i dla wilgotności 18% w rubrykach 5, 8 i 11.

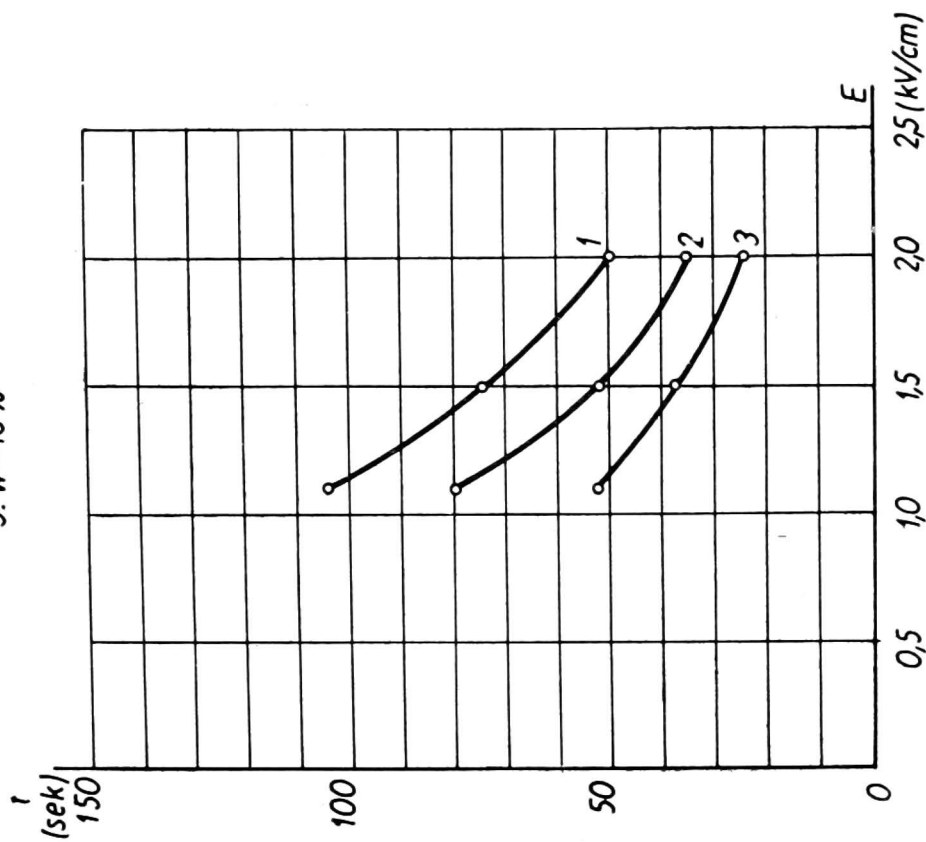
W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano krzywe 100% śmiertelności wołka zbożowego, które są wynikiem tej pracy i dają możliwości stwierdzenia przy jakich parametrach w zakresie badanym można zniszczyć całkowicie wołka zbożowego w ziarnie żyta. Wykresy tych krzywych przedstawiono na rysunkach od 19 do 25. Rysunki od 19 do 22 przedstawiają krzywe czasu zabicia wołka w zależności od natężenia pola elektrycznego przy częstotliwościach 8; 11,5; 18 i 25 MHz i wilgotności ziarna 13, 16 i 18%. Na przykład na rysunku 19 przedstawiono krzywe czasu zabicia wołka zbożowego w zależności od natężenia pola elektrycznego wielkiej częstotliwości przy stałych wartościach częstotliwości 8 MHz i wilgotności 13% krzywa — 1; 16% — krzywa 2, oraz 18% — krzywa 3.

Analogiczne krzywe przedstawiono na rysunku 20, 21 i 22 z tym, że odpowiednio zmieniano częstotliwości pola elektrycznego na 11,5; 18 i 25 MHz.

Na rysunku 23, 24 i 25 przedstawiono krzywe czasu zabicia wołka zbożowego w ziarnie żyta w zależności od częstotliwości przy stałych wartościach natężenia pola elektrycznego i wilgotności.

Z krzywych tych wynika, szczególnie dla natężenia pola elektrycznego 1100 V/cm i 13 oraz 16% wilgotności ziarna, że przy częstotliwości 25 MHz krzywe te (1 i 2) należy wykreślić w górę (do punktów oznaczonych kółkami), czyli przy częstotliwości około 20 MHz należałoby się spodziewać najkorzystniejszych czasów w zwalczaniu wołka zbożowego.

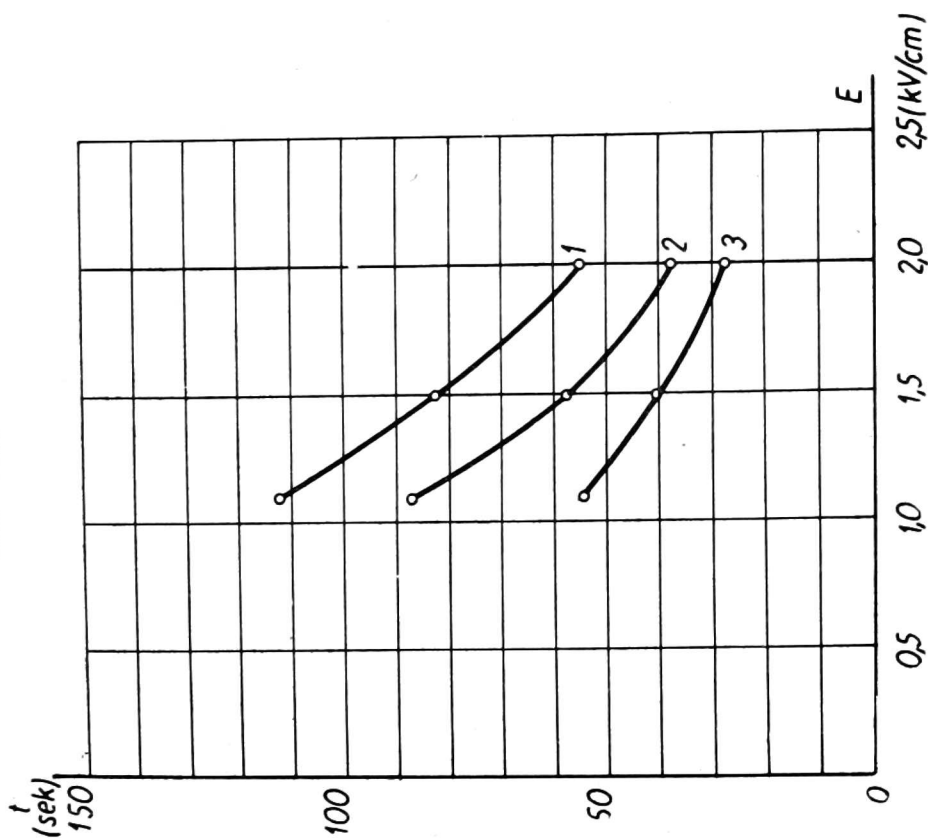
$f = 11,5 \text{ MHz}$
 1. $w = 13\%$
 2. $w = 16\%$
 3. $w = 18\%$



Zależność $t - f(E)$

Rys. 20. Krzywe 100% śmiertelności wołka zbożowego w zależności od natężenia pola elektrycznego przy częstotliwości $f = 11,5 \text{ MHz}$

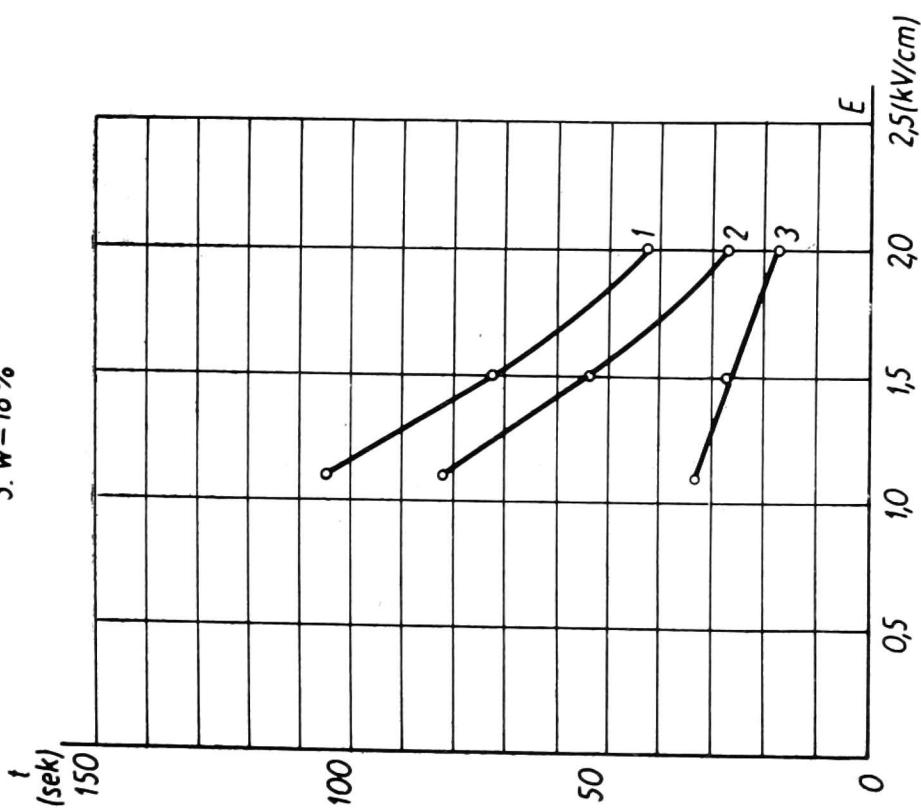
$f = 8 \text{ MHz}$
 1. $w = 13\%$
 2. $w = 16\%$
 3. $w = 18\%$



Zależność $t - f(E)$

Rys. 19. Krzywe 100% śmiertelności wołka zbożowego w zależności od natężenia pola elektrycznego przy częstotliwości $f = 8 \text{ MHz}$

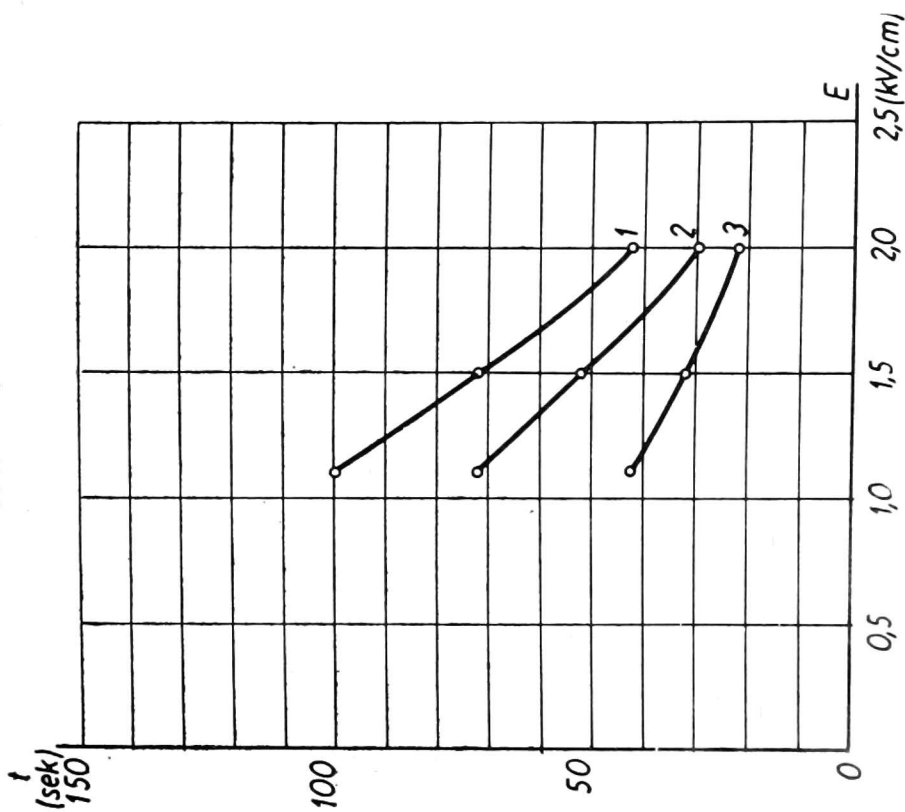
$f = 25 \text{ MHz}$
 1. $w = 13\%$
 2. $w = 16\%$
 3. $w = 18\%$



Zależność $t - f(E)$

Rys. 22. Krzywe 100% śmiertelności wołka zbożowego w zależności od natężenia pola elektrycznego przy częstotliwości $f = 25 \text{ MHz}$

$f = 18 \text{ MHz}$
 1. $w = 13\%$
 2. $w = 16\%$
 3. $w = 18\%$

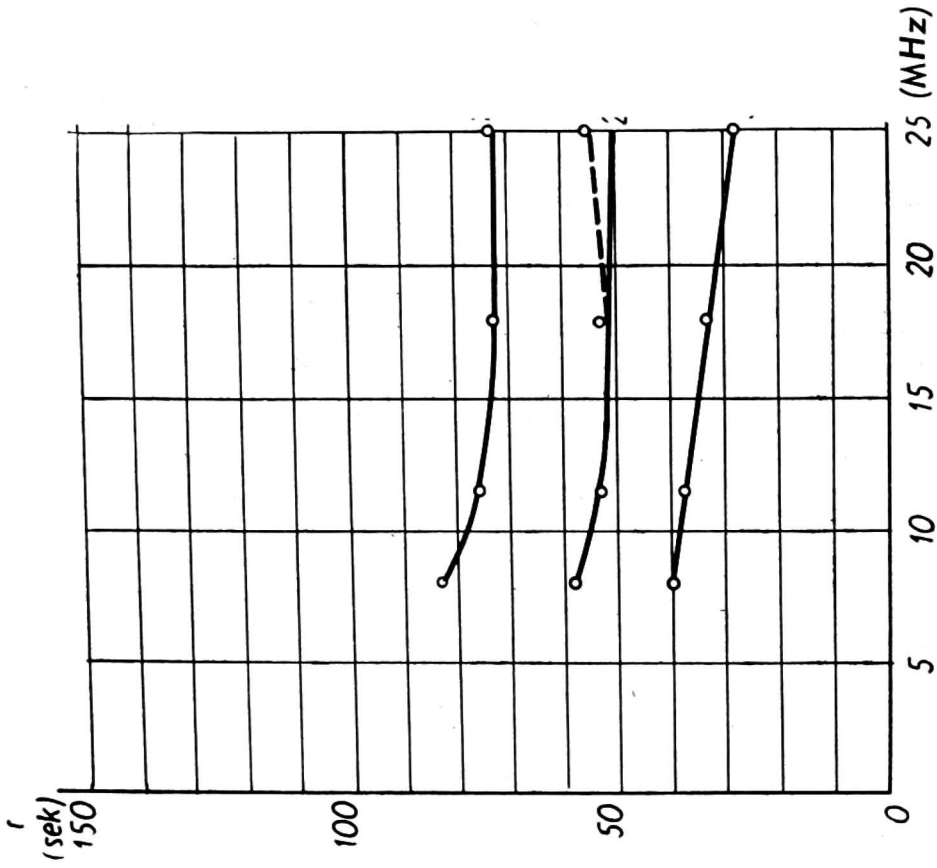


Zależność $t - f(E)$

Rys. 21. Krzywe 100% śmiertelności wołka zbożowego w zależności od natężenia pola elektrycznego przy częstotliwości $f = 18 \text{ MHz}$

$$E = 1500 \text{ V/cm}$$

1. $w = 13\%$
2. $w = 16\%$
3. $w = 18\%$

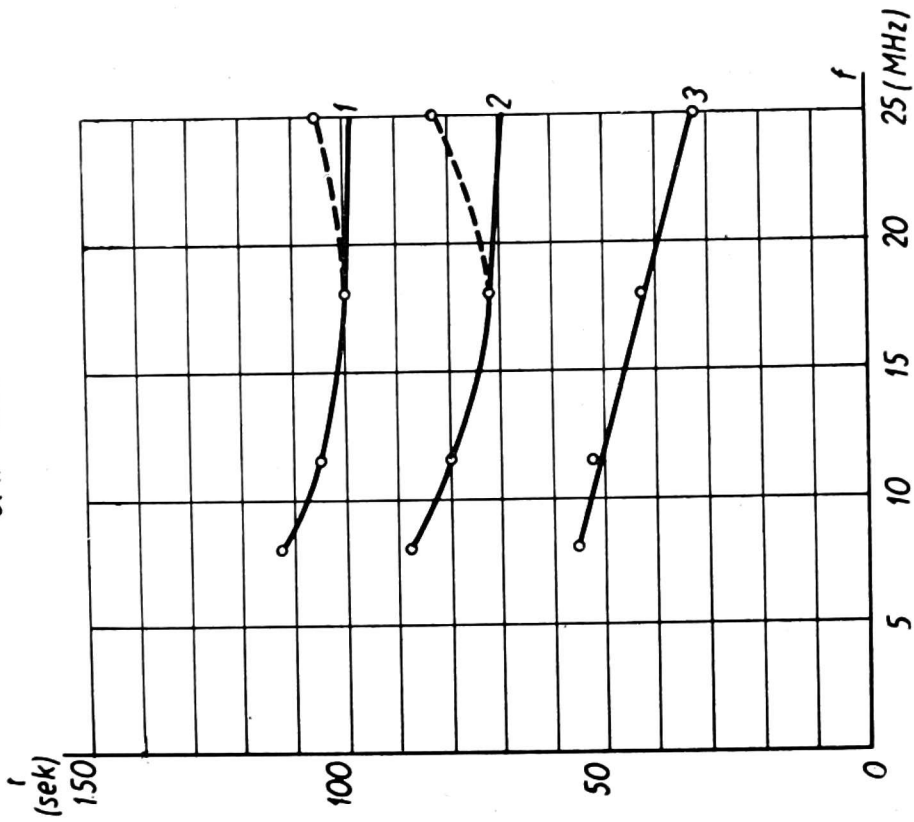


Zależność $t - f (E)$

Rys. 24. Krzywe 100% śmiertelności wołka zbrożowego w zależności od częstotliwości pola elektrycznego przy natężeniu pola $E = 1500 \text{ V/cm}$

$$E = 1100 \text{ V/cm}$$

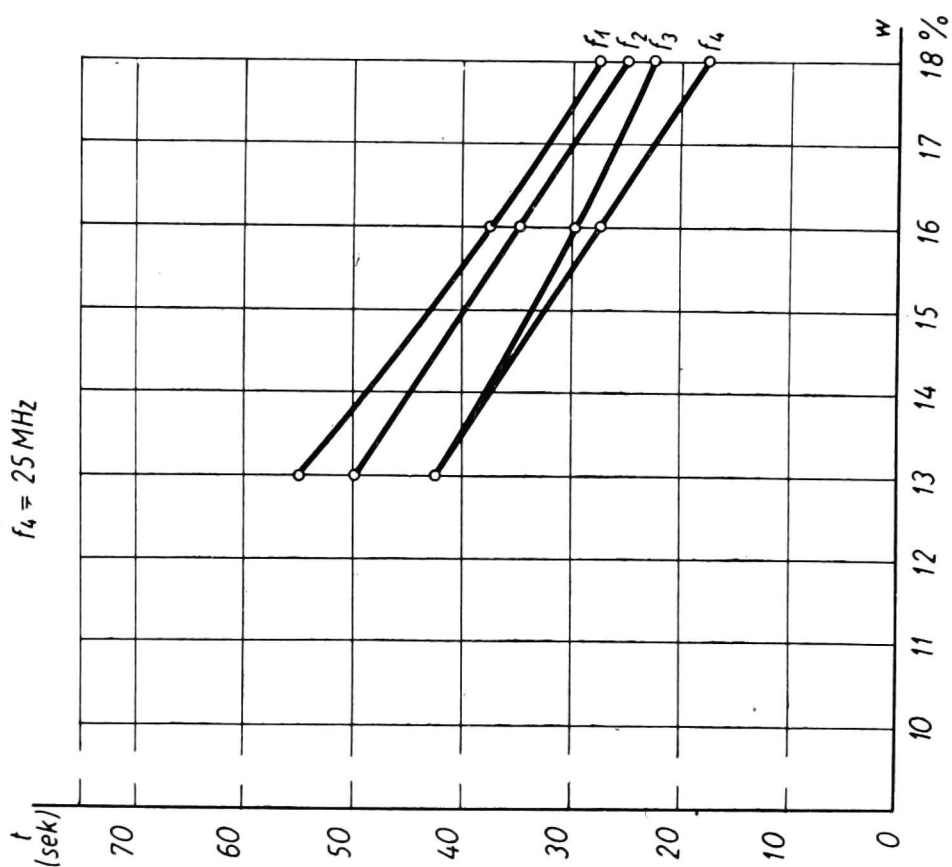
1. $w = 13\%$
2. $w = 16\%$
3. $w = 18\%$



Zależność $t - f (E)$

Rys. 23. Krzywe 100% śmiertelności wołka zbrożowego w zależności od częstotliwości pola elektrycznego przy natężeniu pola $E = 1100 \text{ V/cm}$

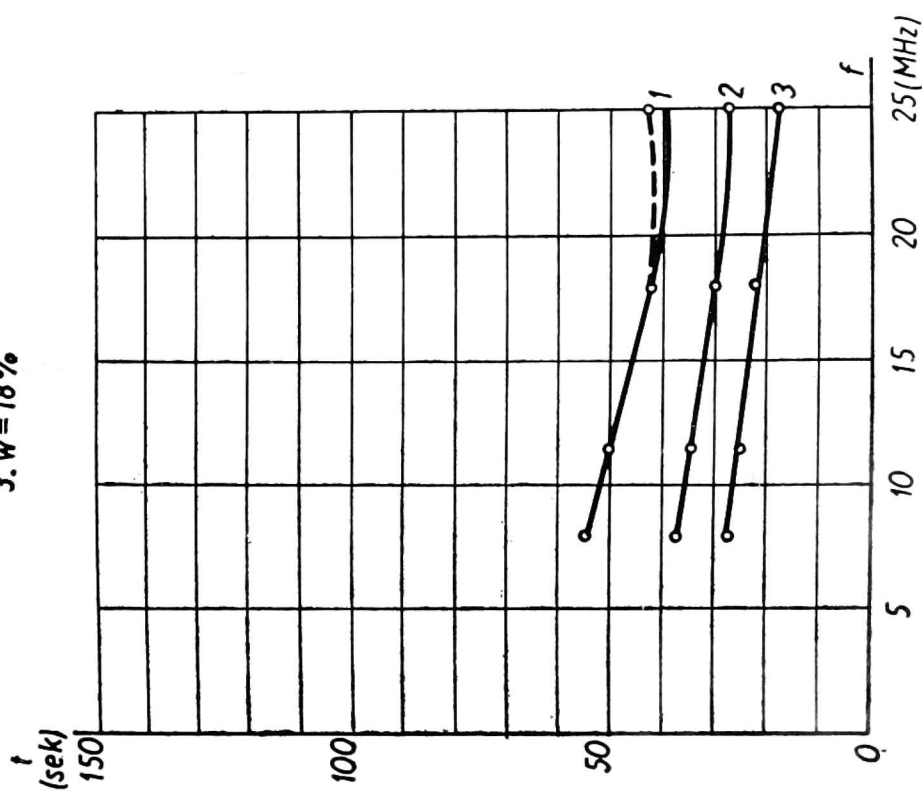
$E = 2000 \text{ V/cm}$
 $f_1 = 8 \text{ MHz}$
 $f_2 = 11,5 \text{ MHz}$
 $f_3 = 18 \text{ MHz}$
 $f_4 = 25 \text{ MHz}$



Zależność $t - f(E)$

Rys. 26. Wykres 100% śmiertelności wołka zbożowego w zależności od wilgotności ziarna

$E = 2000 \text{ V/cm}$
 1. $w = 13\%$
 2. $w = 16\%$
 3. $w = 18\%$



Zależność $t - f(E)$

Rys. 25. Krzywe 100% śmiertelności wołka zbożowego w zależności od częstotliwości pola elektrycznego przy natężeniu pola $E = 2000 \text{ V/cm}$

Autor tłumaczy ten przypadek tym, że przy długim czasie przebywania próbki w kondensatorze grzejnym, zaczyna intensywnie parować woda z ziarna żyta powodując nawet skroplenie się jej na pokrywie pudełeczka. Zatem warunki w otoczeniu wołków zmieniły się, a jak wspomniano wyżej wołki zbożowe przy dużych wilgotnościach powietrza mogą żyć nawet przy temperaturze przekraczającej $46,5^{\circ}\text{C}$, dlatego część ich przy tak dużej wilgotności w pudełeczku wytrzymuje działanie pola elektrycznego wielkiej częstotliwości jeszcze w ciągu okresu czasu do 15 sekund.

W przypadku zastosowania dezynsekcji ciągłej na skalę przemysłową należy zwrócić uwagę na to, aby między elektrodami grzejnymi nie powstawała przestrzeń nasycona parą wodną.

Dla lepszego przedstawienia otrzymanych wyników przedstawiono jeszcze jedną krzywą (rysunek 26), gdzie czas śmiertelności wołka zbożowego jest przedstawiony w zależności od wilgotności ziarna przy odpowiednio stałych parametrach natężenia pola elektrycznego 2000 V/cm , oraz częstotliwości 8; 11,5; 18 i 25 MHz.

Z przeprowadzonych badań wynika również, że jaja, larwy i poczwarki zostają także zabite wewnątrz ziaren żyta przy uzyskanych czasach, podanych na wykresach od 20 do 25.

Wyniki badań dla ziarna zakażonego zestawione w protokołach wykazały, że czasy działania polem elektrycznym wielkiej częstotliwości uzyskane z krzywej częstości skumulowanej wystarczają do przeprowadzenia pełnej dezynsekcji ziarna żyta w przypadku występowania wołka zbożowego.

8. BADANIA UZUPEŁNIAJĄCE I OMÓWIENIE WYNIKÓW

8.1. Wprowadzenie wstępne

W celu zbadania głównych przyczyn występowania przedziałów czasowych między pierwszym zabitym wołkiem i ostatnim w danej próbce, zostały przeprowadzone badania uzupełniające.

Pierwszy rodzaj badań uzupełniających polegał na sprawdzeniu wpływu położenia wołka w ziarnie.

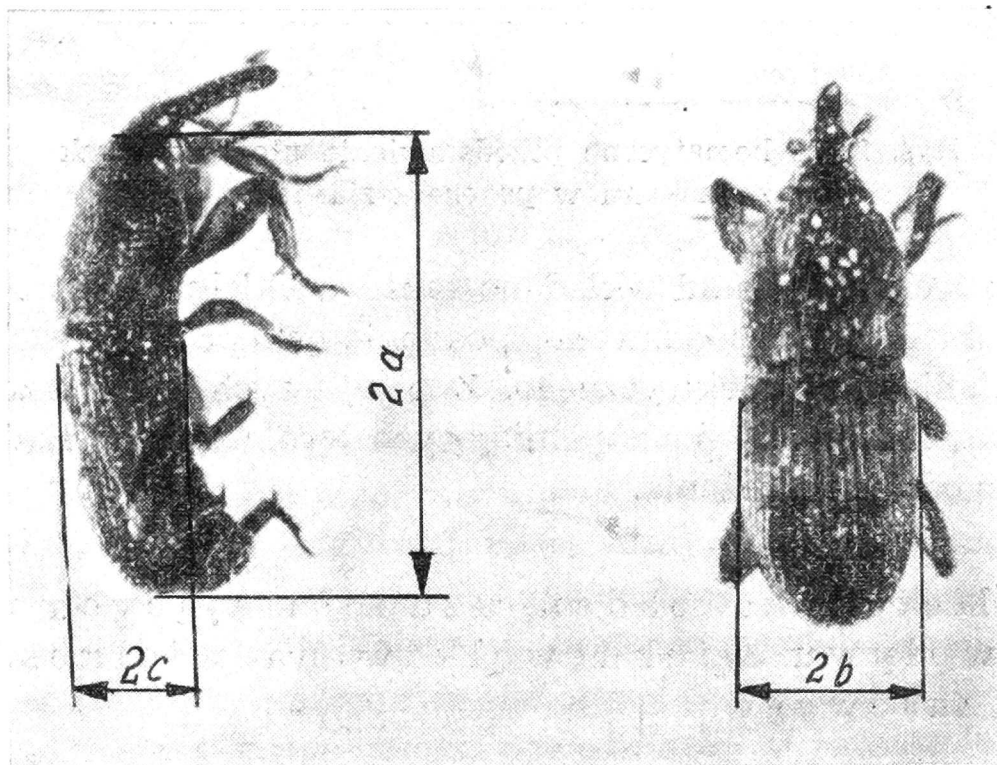
Drugi rodzaj badań miał wyjaśnić, czy nie popełniono błędu używając przy badaniach niejednolitego materiału hodowlanego co do wieku (poruszono w pkt. 6. 5.).

8.2. Metodyka badań uzupełniających

8.2.1. Stwierdzenie wpływu położenia wołków na wielkość przedziału czasowego

W badaniach tych do próbek z ziarnem żyta wkładano wołki w dwóch położeniach i tak np. jeżeli potraktuje się kształt wołka w przybliżeniu do elipsoidy, a jej półosie oznaczy się przez a , b i c , tak jak to pokazano na rysunku 27, wówczas pierwsze położenie wołka było równoległe do linii natężenia pola elektrycznego, czyli oś wielka elipsoidy $2a$ była równoległa do linii pola. W drugim położeniu oś elipsoidy $2c$ była równoległa do linii pola.

W przypadku pierwszym, ponieważ wymiar wołka wynosi około: $2a = 4$ do 5 mm, to występująca na nim różnica potencjałów jest znacz-



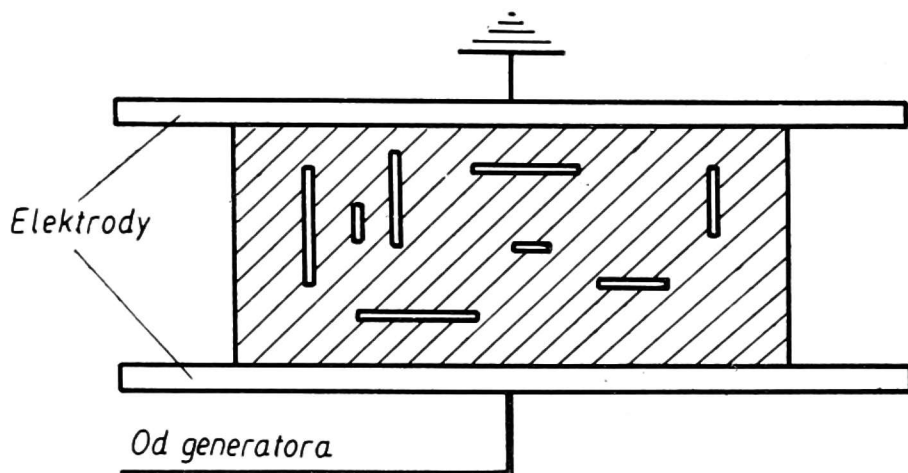
Rys. 27.

nie większa niż w przypadku położenia drugiego gdzie wymiar osi $2c$ wynosi około 1,3 do 1,4 mm. W przypadku ustawienia się wołka osią $2b$ równoległe do linii pola, wynik będzie zbliżony do drugiego położenia, bowiem osie $2b$ i $2c$ niewiele się różnią.

Aby ułożyć wołki w podany wyżej sposób, umieszczono je w rurkach o jednakowej średnicy, wykonanych z cienkiego papieru. Rurki wykonano o średnicy takiej, aby po lekkim jej spłaszczeniu wołek umieszczony wewnątrz dobrze przylegał do ścianki bocznej (aby nie tworzyć warstwy

powietrznej) i nie mógł się obrócić. Jednocześnie wkładano wołki do ośmiu rurek z tym, że do dwóch rurek wkładano po jednym wołku, do drugiej pary rurek wkładano po dwa wołki, do trzeciej po trzy i do czwartej po cztery. Po zamknięciu rurek, umieszczono 4 rurki z wołkami w położeniu pionowym (z 1, 2, 3 i 4 wołkami), a pozostałe cztery w położeniu poziomym.

Rozmieszczenie rurek w próbce pokazano schematycznie na rysunku 28.



Rys. 28. Schematyczne przedstawienie ułożenia rurek z wołkami w próbce z ziarnem

Oprócz rurek z wołkami wkładano także wołki luzem po 30 sztuk do każdej próbki i całość poddawano, podobnie jak przy próbach zasadniczych, działaniu pola elektrycznego. Z powyższych prób przedstawiono wyciąg z tabeli 7 z badań uzupełniających zwalczania wołka w ziarnie w zależności od jego położenia.

8.2.2. Metodyka badań uzupełniających stwierdzenia wpływu wieku wołków na wielkość przedziału czasowego

Dla zbadania wpływu pola zależnie od wieku wołków przyjęto do badań uzupełniających następujące przedziały wieku:

- I przedział — w wieku od 1 do 10 dni,
- II przedział — w wieku od 11 do 20 dni,
- III przedział — w wieku powyżej 20 dni.

Metodykę badań zastosowano taką samą jak w przypadku badań podstawowych z tym, że do pudełeczek z ziarnem wpuszczano po 30 sztuk wołków raz z pierwszego przedziału, drugi raz z drugiego i na końcu z trzeciego przedziału. Badania wykonano dla każdego przedziału wieku wołków w sześciu powtórzeniach.

8.3. Omówienie wyników z badań uzupełniających

Wyniki z badań uzupełniających przeprowadzonych zgodnie z pkt. 8.2.1. wykazały, że wilgotność ziarna nie miała takiego decydującego wpływu na wołki znajdujące się w rurkach, ponieważ były one odizolowane papierem od ziarna. Z badań widać wyraźnie, że wołki które były włożone do próbek z ziarnem osią $2a$ równoległe do linii pola elektrycznego były zabijane prawie w jednakowym i w znacznie krótszym czasie, niż wołki ułożone osią $2c$ równoległe do linii pola elektrycznego. Zatem przedział czasowy między zabiciem pierwszego wołka w próbce, a ostatnim zależy głównie od położenia jego względem pola elektrycznego. Z powyższych powodów rozkład śmiertelności w czasie przedstawia się według krzywej Gausa, bowiem w czasie przebywania próbki w polu wielkiej częstotliwości większość chrząszczy znajduje się nie w takim położeniu, jak pokazano na rysunku 27, lecz w położeniu pośrednim między ułożeniem pionowym a poziomym. Jeżeli oznaczymy przez U_1 napięcie elektryczne przypadające na długość wołka, przy ułożeniu go osią $2a$ równoległe do linii pola, to każde położenie pochyłe w przybliżeniu zmienia tą wartość na: $U_2 = U_1 \cdot \cos \alpha + C$; gdzie C — zależy od osi $2c$. Ponieważ napięcie we wzorze nr 16 występuje w drugiej potęgce, to nagrzanie poszczególnych wołków, których położenie jest pochyłe, będzie także odpowiednio mniejsze. Tym tłumaczy się ten przedział czasowy między zabiciem pierwszego wołka, a wszystkich pozostałych w danej próbce.

Wspomniane wyżej obserwacje w punkcie 7 (rys. 18b) pokazują, że wołki po próbach posiadały poupalane kończyny i poruszały się na kikutach, co należy tłumaczyć położeniem wołka w polu elektrycznym. W czasie przebywania próbki w polu elektrycznym wielkiej częstotliwości, wołki pod wpływem wzrastającej temperatury zaczynają się poruszać, na skutek czego wyprężają kończyny, przez co zwiększają w kilku punktach wymiar osi $2c$, a tym samym kończyny poddane są działaniu znacznie większej różnicy potencjałów, powodującej w rezultacie nadmierne ich nagrzanie, szybkie odparowanie z kończyn wilgoci i ich ukruszenie. Na rysunku 18a i 18b pokazany jest wołek przed próbami i jeszcze żywy po próbach, a na rysunku 27 można zaobserwować, że wymiar osi $2c$ w granicznym przypadku przy wyciągniętych kończynach może wzrosnąć prawie do $1,5a$. Analogicznie tłumaczy się uszkodzenie ryjka, ponieważ wymiar osi $2a$ może także wzrosnąć w zależności od ustawienia wołka.

Oдноśnie badań uzupełniających przeprowadzonych zgodnie z pkt. 8.2.2. stwierdzono, że wołki najmłodsze, to jest w wieku od 1 do 10 dni są najmniej odporne na działanie pola wielkiej częstotliwości.

Krzywe śmiertelności wykonane dla wołków z przedziału II, w wieku

Wyciąg z uzupełniających badań zwalczania wołka

L. p.	Nr próby	Wołki zbożowe włożone do próbek z ziarnem											
		równoległe do linii pola osi 2a								równoległe do linii pola osi 2c			
		w rurce 1 szt.		w rurce 2 szt.		w rurce 3 szt.		w rurce 4 szt.		w rurce 1 szt.		w rurce 2 szt.	
		zabi- tych	żyje	zabi- tych	żyje	zabi- tych	żyje	zabi- tych	żyje	zabi- tych	żyje	zabi- tych	żyje
—	—	szt.		szt.		szt.		szt.		szt.		szt.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	5101	0	1	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
2	5107	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
3	5113	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
4	5201	0	1	1	1	2	1	2	2	0	1	0	2
5	5207	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
6	5213	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	1	1
7	5219	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
8	5301	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
9	5307	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
10	5313	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
11	5319	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
12	5401	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
13	5407	1	0	1	1	1	2	2	2	0	1	0	2
14	5413	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
15	5419	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
16	5501	0	1	0	2	1	2	1	3	0	1	0	2
17	5507	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
18	5513	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	1	1
19	5519	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
20	5601	0	1	0	2	1	2	0	4	0	1	0	2
21	5607	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
22	5613	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	1	1
23	5619	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
24	7001	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
25	7007	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
26	7013	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
27	7701	0	1	1	1	1	2	0	4	0	1	0	2
28	7707	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
29	7713	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
30	8101	0	1	0	2	1	2	1	3	0	1	0	2
31	8107	1	0	2	0	3	0	4	0	0	1	0	2
32	8113	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0
33	8119	1	0	2	0	3	0	4	0	1	0	2	0

Tablica nr 7

w ziarnie w zależności od jego położenia

Wolki zbożowe włożone do próbek z ziarnem						Wilgotność ziarna	Czas działania pola elek. na próbkę	Natężenie pola elektrycznego	Częstotliwość pola elektrycznego	Uwagi
równoległe do linii pola osią 2c				luźno 30 szt.						
w rurce 3 szt.		w rurce 4 szt.								
zabitych	żyje	zabitych	żyje	zabitych	żyje					
szt.		szt.		szt.						
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	3	0	4	7	23	18	10	2000	25	
0	3	0	4	21	9	18	15	2000	25	
3	0	4	0	30	0	18	20	2000	25	
0	3	0	4	0	30	16	15	2000	25	
0	3	0	4	11	19	16	20	2000	25	
1	2	0	4	26	4	16	25	2000	25	
3	0	4	0	30	0	16	30	2000	25	
0	3	0	4	6	24	13	20	2000	25	
0	3	0	4	12	18	13	25	2000	25	
3	0	3	1	23	7	13	30	2000	25	
3	0	4	0	29	1	13	35	2000	25	
0	3	0	4	14	16	18	20	1500	25	
0	3	0	4	4	26	18	15	1500	25	
3	0	4	0	27	3	18	25	1500	25	
3	0	4	0	30	0	18	30	1500	25	
0	3	0	4	1	29	16	30	1500	25	
0	3	0	4	9	21	16	40	1500	25	
1	2	3	1	28	2	16	50	1500	25	
3	0	4	0	30	0	16	60	1500	25	
0	3	0	4	1	29	13	40	1100	25	
0	3	0	4	20	10	13	50	1100	25	
0	3	2	2	28	2	13	60	1100	25	
3	0	4	0	30	0	13	70	1100	25	
0	3	0	4	2	28	16	20	2000	18	
0	3	0	4	12	18	16	25	2000	18	
3	0	4	0	30	0	16	30	2000	18	
0	3	0	4	3	27	16	20	2000	11,5	
0	3	0	4	18	12	16	30	2000	11,5	
3	0	4	0	30	0	16	40	2000	11,5	
0	3	0	4	4	26	16	20	2000	8,0	
1	2	0	4	25	5	16	30	2000	8,0	
3	0	3	1	29	1	16	35	2000	8,0	
3	0	4	0	30	0	16	40	2000	8,0	

od 11 do 20 dni i z przedziału III, powyżej 20 dni, prawie się pokrywają, stąd wniosek, że w wieku powyżej 10 dni wołki są równo odporne na działanie pola wielkiej częstotliwości. Odchylenia krzywych śmiertelności dla wołków z przedziału I w odniesieniu do przedziału II i III są jednak nieznaczące. W granicznych przypadkach czas między zabiciem ostatniego wołka z przedziału I i ostatniego wołka z przedziału II lub III wynosi 5 sekund, a zatem wpływ wieku wołków zasadniczo nie decyduje w przeprowadzonych badaniach.

9. WNIOSKI

1. Dezynsekcję ziarna żyta zakażonego wołkiem zbożowym można przeprowadzać przy pomocy pola elektrycznego wielkiej częstotliwości bez żadnych szkodliwych wpływów na energię i siłę kiełkowania ziarna przy czasach i parametrach wykazanych według krzywych na rysunku 19, 20, 21 i 22.

2. W czasie dezynsekcji ziarna prądami wielkiej częstotliwości giną nie tylko dorosłe chrząszcze, ale również poczwarki, larwy i jaja wołka zbożowego.

3. Czas trwania dezynsekcji ziarna żyta zależy głównie od natężenia pola elektrycznego i wilgotności ziarna, wpływ częstotliwości nie jest decydującym czynnikiem w zakresie badanym tj. 8 do 25 MHz.

4. Przy wprowadzaniu dezynsekcji na skalę przemysłową należy zwrócić uwagę, aby nie tworzyła się między elektrodami grzejnymi przestrzeń o zwiększonej wilgotności powietrza.

S t r e s z c z e n i e

Celem zwalczania wołka zbożowego w ziarnie żyta przeprowadzono badania nad dezynsekcją ziarna polem wielkiej częstotliwości 8; 11,5; 18 i 25 MHz oraz przy natężeniu pola elektrycznego 1,1 kV/cm, 1,5 kV/cm i 2,0 kV/cm.

Znaleziono optymalne warunki przy których dezynsekcja zachodzi najskuteczniej. Zbadano wpływ pola na śmiertelność wołków w zależności od położenia tychże w stosunku do linii pola.

Wykonano prototyp urządzenia typu półprzemysłowego, na którym powtórzono badania przeprowadzone poprzednio laboratoryjnie, przy czym okazało się, że wyniki są prawie identyczne.

LITERATURA

1. Basow A. M. i Szmigiel W. N. — Powiedienie ziarna na niepodwójnej płaskości pri nałożeniu elektrostatycznego pola. (Nowyje problemy w elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Czelabinskij institut mechanizacji i elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Czelabinsk, 1951 g.).
2. Basow A. M. i Jasnow G. A. — Issledowanie elektroprowodnosti ziarna dla processa elektroseparatoracji. (Nowyje problemy w elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Czelabinskij institut mechanizacji i elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Czelabińsk, 1961 g.).
3. Basow A. M. i Izakow F. L. — Dielektrическая проницаемость зерна и его влияние на сепарацию. (Nowyje problemy w elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Czelabinskij institut mechanizacji i elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Czelabińsk, 1961 g.).
4. Balkin W. — Schädlingsbekämpfung durch Ultrakurzwellen. Technik und Landwirtschaft. Heft 9 mai 1958 r.
5. Smirnowa I. S. — Reżimy wysokoczęstotnej dezynsekcji ziarna. Izdatielstwo WCSPS Profizdat. 1958 g.
6. Dorywalski J., Wojciechowicz M. — Metodyka oceny nasion. Instytut Naukowo-Wydawniczy, Poznań 1949 r.
7. Nowyje widy energii w sielskochazajstwiennom proizwodstwie. Wiestnik Sielskochazajstwiennoj nauki nr 7, 1960 g.
8. Gołębiowska Z. — Wolek zbożowy, morfologia, biologia i zwalczanie. Roczniki Nauk Rolniczych t. 64.
9. Czumaczenko W. A. — Issledowanie dynamiki suszki płodow w elektrostatycznym polu wysokiej częstoty. Naucznyje trudy po elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Tom II. Sielchozgiz 1956 g.
10. Hellwig Z. — Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Wyd. II. PWN Łódź — 1959 — Warszawa.
11. Knipper N. W. — Primienienije tokow wysokiej częstoty dla suszki ziarna. Naucznyje trudy po elektrifikacji sielskiego chazajstwa. Tom II. Sielchozgiz 1956 g.
12. Koźmin N. P., Krietowicz W. L. — Biochemia ziarna zbóż i jego przetworów PWT Warszawa 1953 r.
13. Maźnin A. N., Netusil A. V., Parini E. P. — Vysokofrekrenčni ohřev dielektrik a polowodicu. Statni Nakladatelstwi Technické Literatury. Praha, 1953 r.
14. Nelson S. O. — Electronics may some day protect stored grain from insect damage. The Northwestern Miller — Milling Production Section. October 14. 1958.
15. Nelson S. O. — Insektenbekämpfung in Lagergetreide mittels Hochfrequenz. Die Müllerei nr 2 1959 r.
16. Rybicki Z. — Urządzenia elektryczne w rolnictwie. PWN Warszawa 1958 i 1959 rok.
17. Sandner M. — Owady, szkodniki spichrzów i magazynów. PWN Warszawa 1961 r.

18. Triswiatski L. A. — Przechowywanie zboża. WPLiS Warszawa 1954 r.
19. Whitney W. K., Nelson S. O., Welleden H. H. — Effects of High — Frequency Electric Fields on Certain Species of Stored — Grain insects. Marketing Research Report No 455. 1961 r. Market Quality Research Division Agricultural Marketing Service. US Department of Agriculture.

S. Biedroń

DESINSECTION OF GRAIN BY MEANS OF HIGH FREQUENCY FIELD AT OCCURENCE OF CORN WEEVIL

In order to control corn weevil in grain, researches of desinsection have been made applying high frequency field 8, 11,5; 18 and 25 cps — intensity of electric field amounted to 1,1 KV/cm; 1,5 KV/cm and 2,0 KV/cm.

Optimum conditions have been found when the desinsection is the most effective. The field influence on mortality of corn weevil, depending on the insect position in relation to the field lines, has been investigated.

A prototype of semi-industrial device has been made. The laboratory investigation repeated with that device resulted in almost identical effects.

С. Бедронь

ДЕЗИНСЕКЦИЯ ЗЕРНА РЖИ В ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В СЛУЧАЕ ПОЯВЛЕНИЯ ДОЛГОНОСИКА

Резюме

С целью уничтожения долгоносика в зерне ржи были проведены исследования по дезинсекции зерна в поле высокой частоты 8; 11,5; 18 и 25 МГц и напряженностью электрического поля 1,1 кВ/см; 1,5 кВ/см и 2 кВ/см.

Были найдены оптимальные условия, при которых наиболее эффективно происходит дезинсекция. Было исследовано влияние поля на смертность долгоносиков в зависимости от их расположения по отношению к линиям поля.

Изготовлен полупромышленный образец установки, на которой были повторены исследования первоначально проведенные в лабораторных условиях. Полученные результаты были почти идентичны с результатами в лабораторных условиях.