

Zrealizowano na podstawie decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18.04.2024  
(pismo DEJ.re.765.16.2024)



Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy

## **S P R A W O Z D A N I E**

z przeprowadzonych w 2024 r. badań podstawowych na rzecz rolnictwa ekologicznego w zakresie upraw polowych metodami ekologicznymi, pt.:

**Określenie efektywności otoczkowania nasion kukurydzy preparatami na bazie chitozanu oraz krzemu na rzecz rolnictwa ekologicznego w kontekście przeciwdziałania chorobom powodowanym przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp.: zgorzeli podstawy łodygi i fuzariozie kolb oraz redukcji skażenia ziarna mykotoksynami fuzaryjnymi**

**Kierownik**

**Dr hab. Elżbieta Kochańska – Czembor, prof. Instytutu**

**Wykonawcy:**

**Mgr Seweryn Frasiński**

**Prof. dr hab. Jerzy H. Czembor**

Na podstawie § 8 ust. 1 pkt 2, ust. 2 pkt 2 i ust. 7 rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2015 r. w sprawie stawek dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa (Dz. U. poz. 1170, z późn. zm.).

## WPROWADZENIE I CEL BADAŃ

Celem głównym badań było określenie efektywności otoczkowania nasion kukurydzy preparatami stosowanymi w rolnictwie ekologicznym, opartymi na bazie chitozanu oraz krzemu w kontekście podatności na choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp.: zgorzeli podstawy łodygi i fuzariozie kolb oraz redukcji skażenia ziarna mykotoksynami fuzaryjnymi w ziarnie.

Cele szczegółowe to określenie wpływu preparatów na bazie chitozanu oraz na bazie chitozanu i krzemu na:

- (1) fenotyp i fizjologię w roślin części nadziemnej i korzeni w stadium siewki świadczących w sposób pośredni o podatności na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi na podłożu skażonym osobno: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* w warunkach kontrolowanych,
- (2) podatność roślin na zgorzel podstawy łodygi i fuzariozę kolb po zakażeniach sztucznych łodygi i kolb osobno *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* w warunkach polowych,
- (3) zdolność do akumulacji mykotoksyn w

Biostymulatory oferują potencjalnie nowe podejście do regulacji/modyfikacji procesów fizjologicznych w roślinach, w celu stymulowania wzrostu, złagodzenia ograniczeń wywołanych stresem i zwiększenia wydajności upraw również w rolnictwie ekologicznym. Mogą wpływać zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio na rośliny ponieważ pierwiastki korzystne nie należą do składników pokarmowych niezbędnych dla roślin, tak jak podstawowe makro- i mikroelementy. Stosowane w niewielkich dawkach wpływają jednak korzystnie na wzrost i rozwój wszystkich gatunków roślin przyczyniając się do zwiększenia plonu i poprawy jego jakości. Ułatwia to wprowadzenie rolnictwa zrównoważonego i przejście do rolnictwa ekologicznego. Dlatego w rolnictwie ekologicznym otoczkowanie nasion może być ważnym komponentem integrowanej roślin (IPM) stosowanym prewencyjnie, zapobiegając infekcji pierwotnej przez patogeny jak i ograniczając ich dalszy rozwój. Na podstawie dotychczasowych badań wciąż nie można stwierdzić czy zaprawianie jest wystarczająco efektywne i może mieć przełożenie na praktykę. Brak jest informacji dotyczących ich wpływu na rozwój roślin kukurydzy w kontekście odporności na choroby fuzaryjne: zgorzel podstawy łodygi i fuzariozę kolb oraz skażenia ziarna mykotoksynami.

Biostymulatory, takie jak: hydrolizaty białkowe, ekstrakty z alg, kwasy humusowe i fulwowe oraz środki kontroli biologicznej (BCA, ang. Biological Control Agents), w tym grzyby *Trichoderma*, są wciąż badane pod kątem złagodzenia skutków stresu biotycznego i abiotycznego, a także podnoszenia jakości plonów, poprzez stymulowanie procesów fizjologicznych roślin. Należy brać pod uwagę, że niezbędne jest stosowanie BCA tylko wtedy, gdy jest to konieczne, we właściwym czasie, tempie, miejscu i zgodnie z właściwą metodą. Rozsądne stosowanie BCA może zmniejszyć ilość odpadów BCA i narażenie na nie oraz zwiększyć wydajność BCA. Brak jest jednoznacznych wyników dla prac prowadzonych na rzecz rolnictwa ekologicznego.

Przykładem jest krzem, który akumulowany jest głównie w liściach i w korzeniach pod skórą w postaci nierozpuszczalnego żelu krzemionkowego. Im więcej krzemu pobierze roślina, tym grubsza warstwa ochronna przed wnikaniem i atakiem patogenów. Krzem w

warunkach suszy skutecznie zmniejsza w roślinie presję stresu wodnego poprzez wspomaganie gromadzenia osmolitów w komórkach, ograniczenie strat wody i poprawę zaopatrzenia roślin w składniki mineralne. Wysokie dawki K pogarszają jakość roślin przeznaczonych na paszę dla zwierząt, ponieważ rośliny nie posiadają fizjologicznego mechanizmu, który kontrolowałby pobieranie tego pierwiastka. Przy czym jest to składnik, który nie może być stosowany na zapas, tylko w dawkach, które odpowiadają potrzebom pokarmowym roślin. Działa antagonistycznie do jonów Mg. Zbyt wysokie, nie zrównoważone w stosunku do Mg nawożenie K może spowodować niedobór magnezu w glebie. Sód, podobnie jak potas zwiększa tolerancję roślin na suszę, zatrzymuje wodę w roślinie poprzez zwiększenie ciśnienia osmotycznego komórek, wraz z potasem przyspiesza zamykanie i opóźnia otwieranie aparatów szparkowych zapewniając roślinom turgor. Mangan jest mikroelementem, który odgrywa istotną rolę w prawidłowym przebiegu fotosyntezy u roślin poprzez uaktywnianie enzymów istotnych w syntezie chlorofilu. Bierze także udział w regulacji gospodarki hormonalnej rośliny, tworzeniu chloroplastów i zwiększaniu odporności na choroby.

Kukurydza należy do grupy podstawowych gatunków roślin uprawnych zarówno w Polsce jak i na całym świecie. W Polsce, powierzchnia uprawy w 2000 roku wynosiła 314 tys. ha, natomiast w roku 2017 ponad 1 150 tys. ha. W strukturze zbiorów upraw gatunków przeznaczonych na cele pastewne kukurydza stanowi 73,4%. W uprawie na ziarno jej udział wynosi 12,6% całkowitych plonów zbóż.

Uprawy kukurydzy są narażone na infekcję wielu różnych patogenów grzybowych, wśród których istotną rolę odgrywają gatunki z rodzaju *Fusarium*. Powodowana przez nie fuzarioza kolb powoduje straty ilościowe i jakościowe sięgające 10-20% plonu. Straty ilościowe są wynikiem zniszczenia całego ziarniaka lub jego zarodka ziarna, co wpływa na porastanie ziarna w trakcie sezonu wegetacyjnego, złą jakość technologiczną i słabe wschody przy zakładaniu plantacji. Straty jakościowe wynikają ze skażenia ziarna mykotoksynami produkowanymi przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Związki te są szkodliwe dla ludzi i zwierząt, powodując przewlekłe choroby. Głównymi sprawcami fuzariozy kolb kukurydzy są *F. graminearum*, którego metabolity wtórne to deoksynivalenol (DON) i zearalenon (ZEA), oraz *F. verticillioides*, którego metabolity wtórne to fumonizyny (FB<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub>, FB<sub>3</sub>). Zmieniające się warunki klimatyczne wpływają na zmianę w populacji grzybów z rodzaju *Fusarium* w Polsce. przykładem jest *F. temperatum*, który produkuje beauwerycynę. Do gatunków najczęściej występujących na kukurydzy w Polsce należą *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans* i *F. temperatum* (Czembor i in., 2015, 2024). Występowanie poszczególnych gatunków zmienia się na przestrzeni lat, jednak tendencja jest w kierunku częstszego występowania gatunków związanych z cieplejszymi regionami jak *F. verticillioides* i *F. temperatum*, w porównaniu do *F. graminearum*, który preferuje klimat bardziej umiarkowany. W obrębie tych gatunków stwierdzono dużą zmienność stopnia agresywności i zdolności produkowania toksyn, zależną od genotypu lub warunków środowiskowych

Słowa kluczowe: chitozan, fuzarioza kolb, kukurydza, krzem, mykotoksyny fuzaryjne, zgorzel podstawy łodygi

**TEMAT BADAWCZY 1.** Określenie wpływu preparatów na bazie chitozanu oraz na bazie chitozanu wspomaganego krzemem na przeciwdziałanie fuzariozie kolb i zgorzeli podstawy łodygi w warunkach kontrolowanych

## **TEMAT BADAWCZY 1: Materiały i Metody**

### **1. Materiał roślinny**

Materiałem roślinnym były 4 odmiany kukurydzy: 3 o typie ziarna flint i semiflint oraz 1 o typie ziarna typowo dent. K608xK496 (MTZ: 268.58), K623xK578 (255.97), Zadra (MTZ: 370.83) i Kadryl (MTZ: 367.19).

### **2. Doświadczenie laboratoryjne**

- 2.1. Doświadczenie założono w 4 wariantach w których do wysiewu wykorzystano osobno nasiona nieotczkowane preparatem na bazie chitozanu (W1: kontrolny), nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu (W2), nasiona otoczkowane (W4). Dodatkowo w obrębie wariantu W2 wydzielono osobno wariant, dla którego test fitopatologiczny przeprowadzono z dwukrotnym zakażeniem (W3) Każdy wariant prowadzono po zakażeniu podłoża jednokrotnym (W2 i W4) oraz dwukrotnym (W3) każdym z 5 grzybów osobno: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* dla każdego z 5 grzybów i kontroli (20 układów).
- 2.2. Nasiona otoczkowano dostępnym na rynku preparatem na bazie chitozanu (PhytoChikol SL) zgodnie z zaleceniem producenta poprzez moczenie ziarna a następnie wysuszenie na folii, krzem sypki AdeSil, krzem płynny ZumSil.
- 2.3. Doświadczenie zostało założone w paletach z doniczkami wysiewając 4 nasiona do każdej doniczki w 6 niezależnych powtórzeniach dla każdego z 20 układów doświadczenia
- 2.4. Podłoże stanowiło mieszanka perlitu i ziemi-torfu w proporcjach 5:1.
- 2.5. Rośliny rosły w temp. 19 – 21 °C, oświetlenie: świetlówki Sylvania GRO-LUX, ok. 100 W/ m<sup>2</sup>

Każdy układ reprezentowały osobno 4 ww. odmiany.

### **3. Używanie akronimy (skrót) poszczególnych układów:**

W1: K - kontrola

W2: OCH – nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu

W3: OLCH – nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu i powtórnie zakażane w 2 terminie

W4: OLKCH – nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu wspomaganym krzemem

Akronim każdego wariantu jest rozszerzony o skrót dla patogenów, odpowiednio: *F. graminearum* (Fg), *F. verticillioides* (Fv), *F. subglutinans* (Fs), *F. proliferatum* (Fp), *F. temperatum* (Ft).

#### 4. Test fitopatologiczny

##### 4.1. Patogen

Przygotowanie kolekcji grzybów z rodzaju *Fusarium* do określenia wpływu otoczkowania na siłę i zdolność kiełkowania oraz i dynamikę wzrostu siewek

Wykorzystano po jednym izolacie następujących gatunków z rodzaju *Fusarium*: *F. verticillioides*, *F. graminearum*, *F. temperatum*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans*. Każdy gatunek charakteryzuje się różną agresywnością i podczas monitorowania grzybów na terenie Polski występuje z różną częstotliwością w zależności od rejonu i warunków klimatycznych.

Izolaty zostały wyosobnione z prób nasion kukurydzy pobranych z poletek doświadczalnych i scharakteryzowanych w trakcie wcześniejszych badań pod względem tempa wzrostu na pożywkach sztucznych i agresywności w warunkach polowych. Zostały wyizolowane z odkażonych powierzchniowo ziarniaków wykładanych na pożywkę PDA. Szalki inkubowano w ciemności, a następnie pod światłem UV w celu stymulacji zarodnikowania. Kultury o charakterystycznej dla *Fusarium* spp. barwie i kształcie zarodników izolowano na szalki z pożywką PDA i SNA tak, aby móc dokonać identyfikacji metodą mikroskopową i przygotować kolekcję kultur do badań.

##### 4.2. Zakażenia sztuczne

- a. Izolaty zostały oczyszczone i skontrolowane poprzez 2-krotne pasaże, zostały dodatkowo zweryfikowane przez badanie mikroskopowe zarodników.
- b. Izolat *F. graminearum* został przepasażowany na szalki z PDA i SNA w celu uzyskania zarodników do inokulum (3-4 tygodnie).
- c. Izolaty pozostałych grzybów z sekcji *Lisolea* zostały wprowadzone do płynnej pożywki SNA na bazie agarowej i umieszczone na wytrząsarce do inkubacji (2 tygodnie).
- d. Po skontrolovaniu, że liczba zarodników jest wystarczająca przygotowano inokulum do zakażenia podłoża (gleby w której rosły testowane rośliny) poprzez zmycie z szalek i przesączenie grzybni *F. graminearum* / przesączenie i rozcieńczenie pożywek płynnych - do poziomu 1g agaru/ liter wody pozostałych gatunków tak, aby uzyskać docelowe stężenie zarodników  $5 \times 10^5$  ( $2 \times 10^5$  w przypadku bardziej agresywnego *F. graminearum*).
- e. Do każdej doniczki wprowadzono 30 ml inokulum każdego grzyba osobno (wariant W2, W3 i W4). W jednym z wariantów dodatkowo przeprowadzono dwukrotne zakażenie – pierwsze po założeniu doświadczenia oraz drugie 5 dni po pierwszym poprzez wprowadzenie do każdej doniczki 10 ml (W3).

4.3. Ocena wpływu otoczkowania nasion preparatami na bazie chitozanu oraz chitozanu wspomaganego krzemem na fenotyp i fizjologię roślin.

W ocenie uwzględniono:

- a. Energię i zdolność kiełkowania – liczba nasion które skiełkowały - 5 dni od daty siewu; liczba roślin które wykształciły 1-szy liść - 8 dni od daty siewu; liczbę roślin, których widoczny był 2 liść – 8 dni od daty siewu

- b. Datę drugiego i trzeciego w pełni wykształconego liścia
- c. Parametry fotosyntetyczne (zawartości chlorofilu w części nadziemnej roślin w fazie trzeciego wykształconego liścia a widocznym czwartym liściu przy likwidacji doświadczenia przenośnym czytnikiem ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )
- d. Fenotyp rośliny: sucha masa części nadziemnej i korzeni, długość korzeni: rośliny po pomiarze zawartości chlorofilu były zbierane; korzenie dokładnie płukane w bieżącej wodzie i mierzone; po wstępnym osuszeniu na ręczniku papierowym dokładnie oddzielane od części nadziemnej usuwając ziarno, z którego roślina wyrosła, po wyłożeniu na folię aluminiową suszone w suszarce  $+90^{\circ}\text{C}$ ; ważone oddzielono część nadziemną i korzenie.

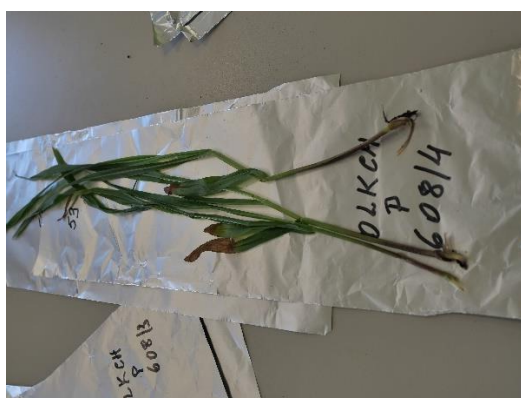
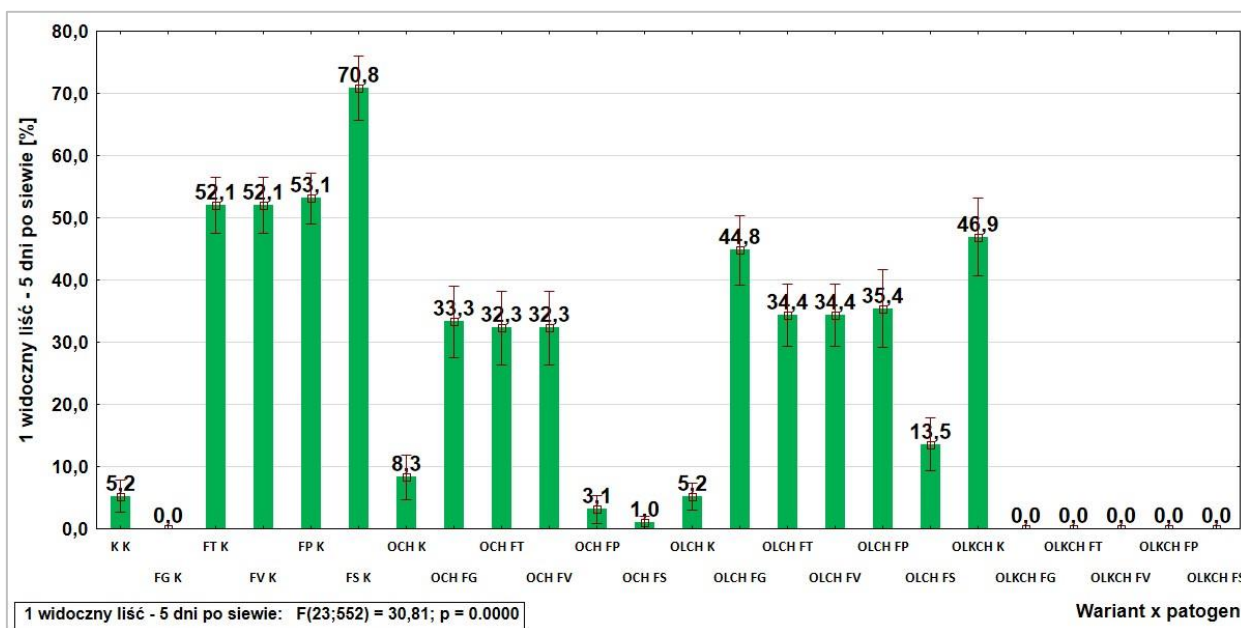


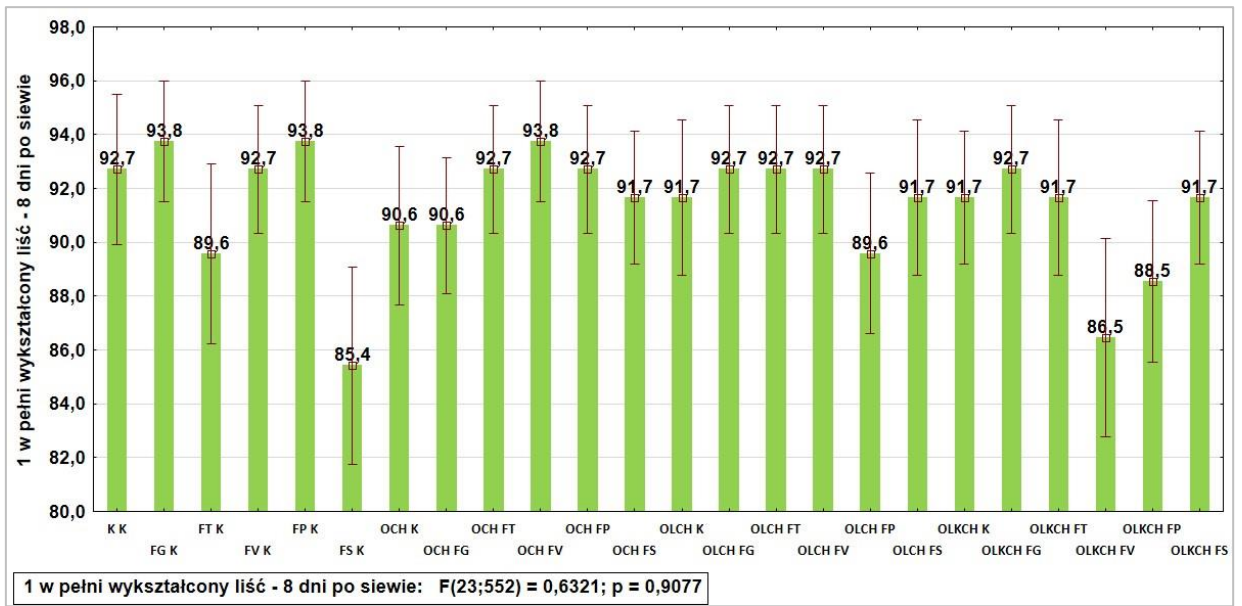
Foto. Ocena wpływu otoczkowania ziarna preparatami na bazie chitozanu oraz chitozanu wspomaganego krzemem na fenotyp i fizjologię roślin (E. Czembor. S. Frasiński).

## TEMAT BADAWCZY 1: WYNIKI

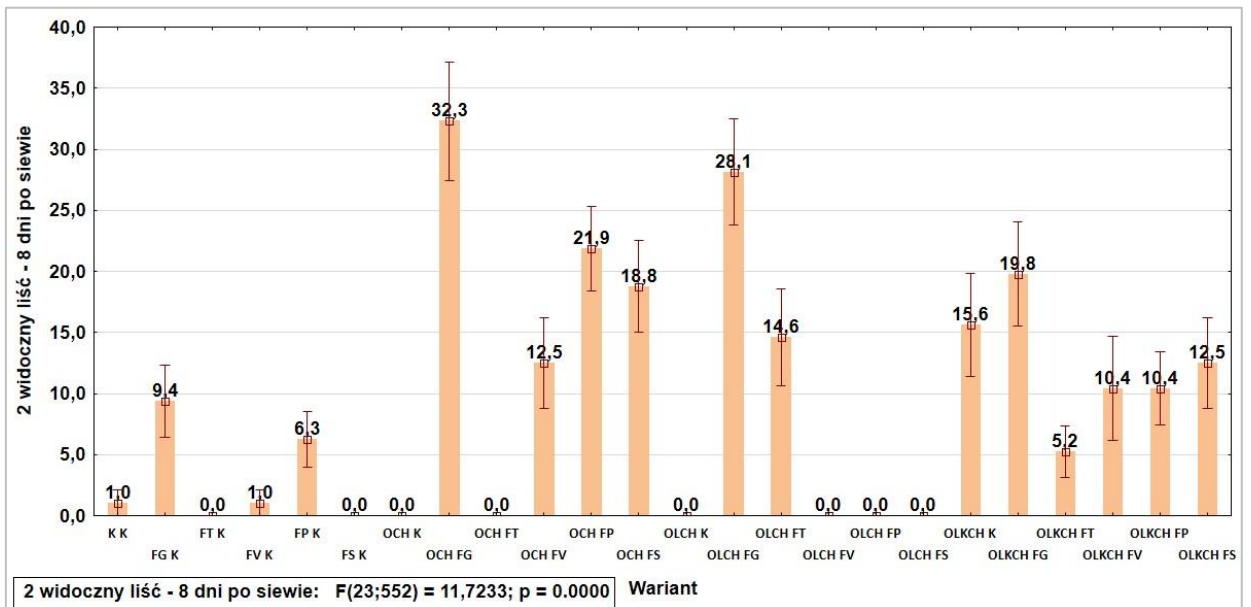
Oceny energii kiełkowania 5 dni od daty siewu oraz liczby siewek, których widoczny był 2 liść były niejednoznaczne i trudno wyciągnąć wnioski o efekcie preparatów z chitozaniem oraz krzemem na energię kiełkowania, co korespondowałoby jednocześnie o podatności roślin na zgorzel łodygi. Wstępne wnioski można wyciągnąć na bazie liczby roślin, które wykształciły 3 w pełni rozwinięte liście 18 dni od daty założenia doświadczenia (Rysunek 1). Strategiczne procent roślin, otoczkowanych preparatem na bazie chitozanu (wariant W2) oraz preparatem na bazie chitozanu wspomaganym krzemem (wariant W4) był wyższy niż w wariacie kontrolnym (wariant W1). Korespondowało to do zawartości chlorofilu w tkance, ponieważ w tych wariantach zawartość chlorofilu była nieznacznie niższa (Rysunek 3).



Rysunek 1. Energia kiełkowania 4 odmian kukurydzy w 4 wariantach: Kontrola (K: nasiona nieotoczkowane preparatem na bazie chitozanu i krzemem), OCH (nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu), OLCH (nasiona otoczkowane a podłoże zakażane dwukrotnie), OLKCH (nasiona otoczkowane preparatem z chitozaniem i krzemem). Każdy wariant jest rozszerzony o skróty dla patogenów, odpowiednio: *Fg*, *Fv*, *Fs*, *Fp*, *Ft*

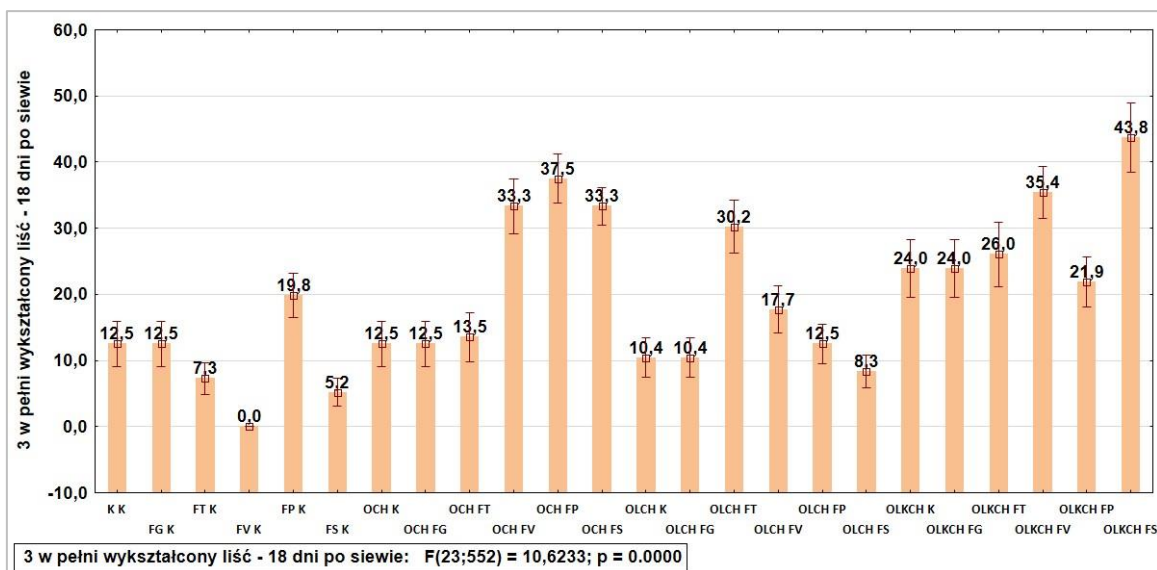


A.



B.

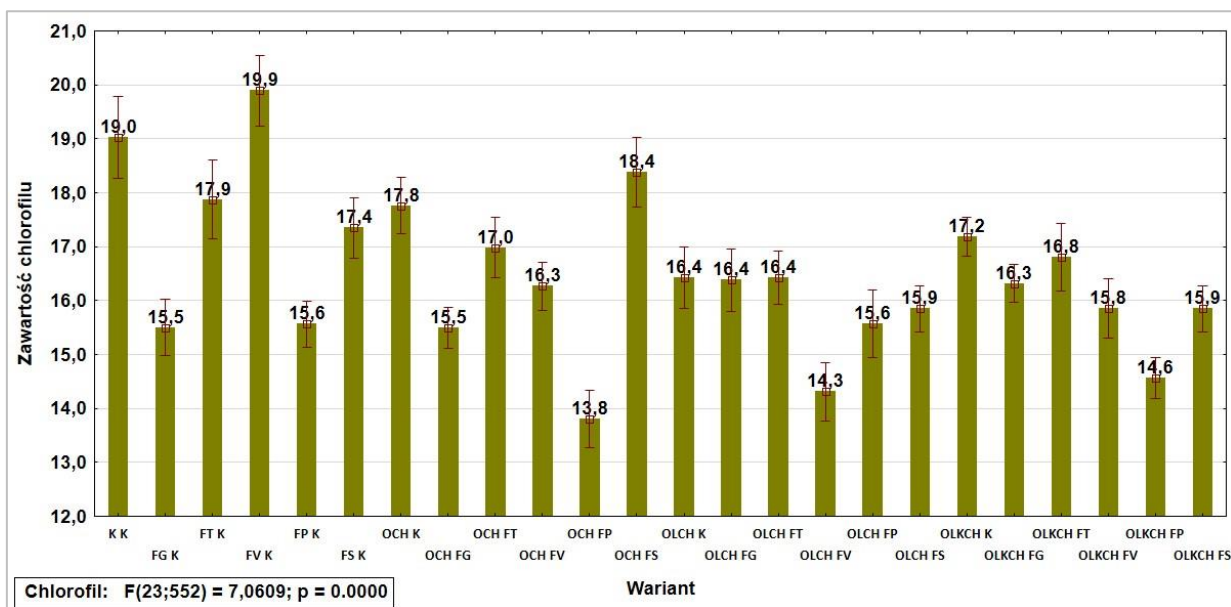




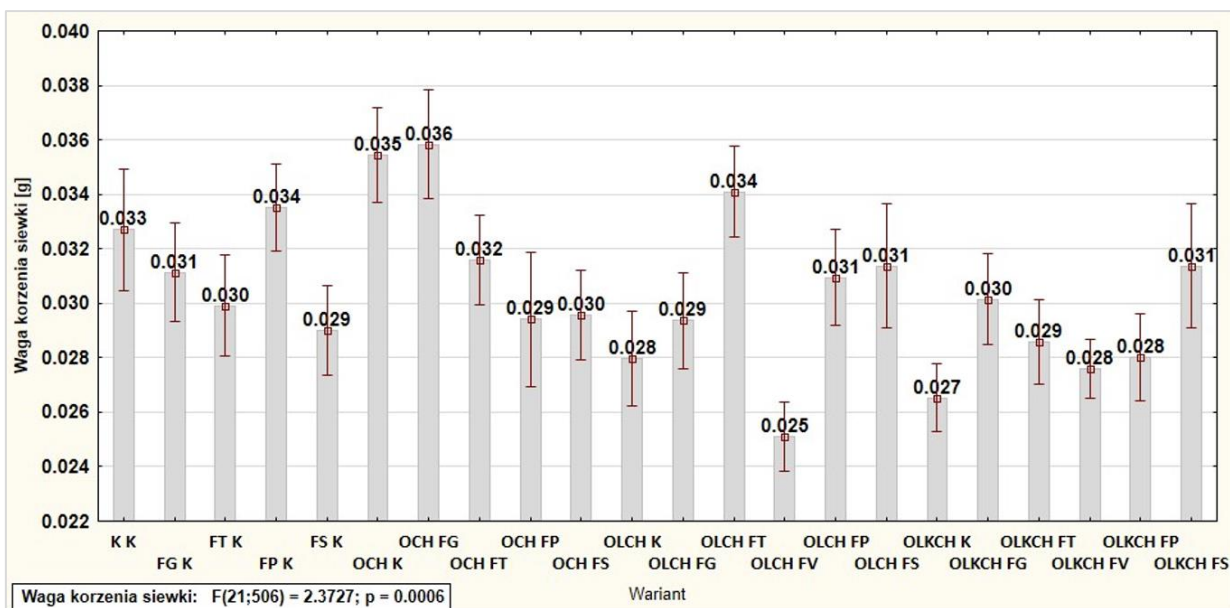
C.

Rysunek 2 A, B, C. Dynamika wzrostu siewek: wykształcenie 1, 2 i 3 liścia od założenia doświadczenia do czasu wykształcenia w pełni 3 liścia (4 liść widoczny).

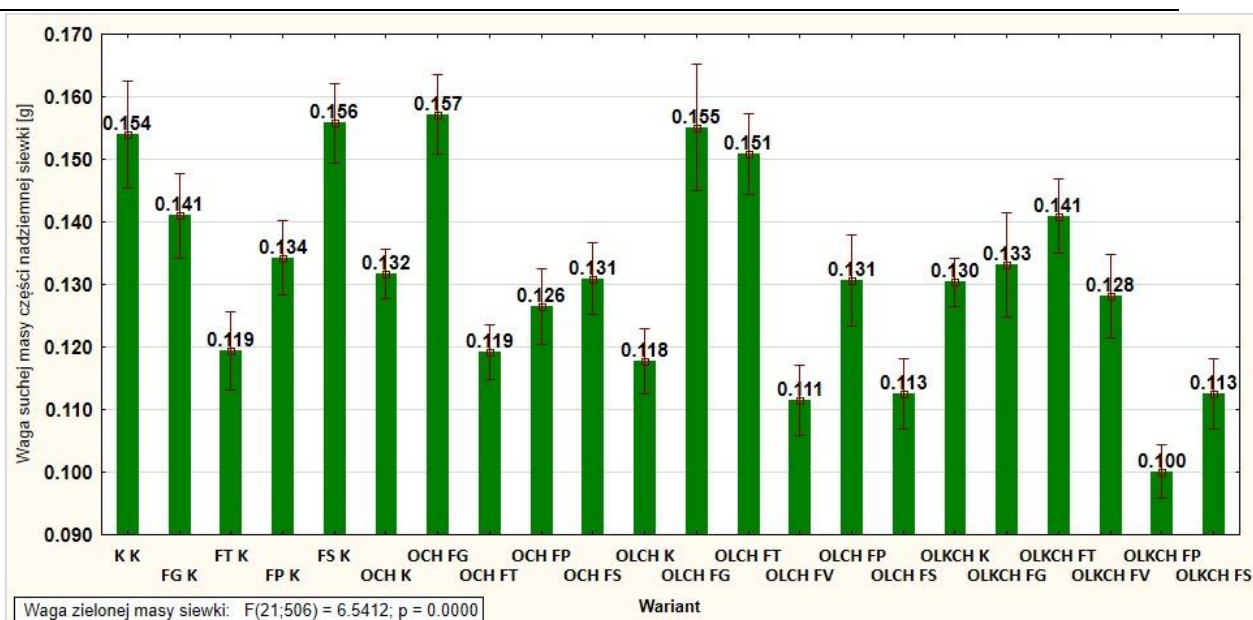
W wariancie w którym podłoże było zakażane dwukrotnie procent roślin, które wykształciły trzy w pełni rozwinięte liście był niższy niż w wariantach w których nasiona były otoczkowane preparatem z chitozaniem a podłoże zakażane raz, przy założeniu doświadczenia. Wyjątek stanowił układ OLCH Ft (podłoże zakażane izolatem grzyba *F. temperatum*).



Rysunek 3. Zawartość chlorofilu w tkance 3-go w pełni wykształconego liścia, 18 dni od daty założenia doświadczenia w wariantach kontrolnych oraz na podłożu zakażanym sztucznie 5 gatunkami grzybów z rodzaju *Fusarium* osobno.



Rysunek 4. Sucha masa korzeni siewki w fazie 3-go w pełni wykształconego liścia, 18 dni od daty założenia doświadczenia w wariantach kontrolnych oraz na podłożu zakażanym sztucznie 5 gatunkami grzybów z rodzaju *Fusarium* osobno. Kontrola (K: nasiona nieotczkowane preparatem na bazie chitozanu i krzemu), OCH (nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu), OLCH (nasiona otoczkowane a podłoże zakażane dwukrotnie), OLKCH (nasiona otoczkowane preparatem z chitozaniem i krzemu). Każdy wariant jest rozszerzony o skróty dla patogenów, odpowiednio: *Fg*, *Fv*, *Fs*, *Fp*, *Ft*



Rysunek 5. Sucha masa części nadziemnej siewki w fazie 3-go w pełni wykształconego liścia, 18 dni od daty założenia doświadczenia w wariantach kontrolnych oraz na podłożu zakażanym sztucznie 5 gatunkami grzybów z rodzaju *Fusarium* osobno.

**TEMAT BADAWCZY 2.** Określenie wpływu otoczkowania nasion kukurydzy preparatami na bazie chitozanu oraz preparatami na bazie chitozanu z dodatkiem krzemu na rozwój fuzariozy kolb, zgorzeli podstawy łodygi oraz redukcji skażenia ziarna mykotoksynami fuzaryjnymi w warunkach polowych

## **TEMAT BADAWCZY 2: Materiały i Metody**

### **1. Materiał roślinny**

W badaniach uwzględnione będą 4 odmiany, badane w ramach zadania 1.

### **2. Doświadczenie polowe**

#### **2.1. Układ doświadczenia polowego**

Doświadczenie zostało założone w 2 niezależnych blokach.

B1: określenie wpływu otoczkowania ziarna preparatami na bazie chitozanu, na bazie chitozanu wspomaganego krzemem oraz aplikacji dolistnej na zgorzeli podstawy łodygi po zakażeniach sztucznych łodyg przez 5 grzybów osobno: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* (badane w Zadaniu 1).

B2: określenie wpływu otoczkowania ziarna preparatami na bazie chitozanu, na bazie chitozanu wspomaganego krzemem oraz aplikacji dolistnej na rozwój fuzariozy kolb i gromadzenie mykotoksyn fuzaryjnych w ziarnie przez 5 grzybów osobno: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* (badane w Zadaniu 1).

Podobnie jak w Zadaniu 1 każdy Blok prowadzony był niezależnie w 4 wariantach: Wariant kontrolny (W1) w których do wysiewu wykorzystano osobno nasiona nieotoczkowane preparatem na bazie chitozanu. W wariacie W2 wykorzystano nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu, W wariacie W3 wykorzystano nasiona otoczkowane preparatem na bazie chitozanu a w W4 preparatem na bazie chitozanu wspomaganego krzemem. Dodatkowo dla wariantów W3 i W4 zastosowano oprysk preparatem na bazie chitozanu dolistnie w fazie V4-V5.



Foto. Aplikacja dolistna preparatu na bazie chitozanu w wariacie W3 i W4 (E. Czembor, S. Frasiński).

Ponieważ łodygi i kolby były zakażane sztucznie grzybami z rodzaju *Fusarium* spp. doświadczenie nie mogło być prowadzone na polu ekologicznym. Jednak bez zakażeń sztucznych nie uzyskaloby się zamierzonych celów projektu: nie wykazało wpływu zapraw nasiennych na rozwój chorób kukurydzy powodowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* jak i zróżnicowania pomiędzy gatunkami tych grzybów. Nie wykazałoby się również czy istnieje zmienność genetyczna w obrębie mieszańców kukurydzy co uzasadnieniem poszukiwania źródeł odporności.

## 2.2. Agrotechnika

Doświadczenie prowadzono na polu ekologicznym IHAR-PIB, które jest w bliskiej odległości od pomieszczeń laboratoryjnych. Zapewniało to bieżący nadzór przebiegu vegetacji oraz opis parametrów fotosyntetycznych. Przed siewem wykonano zabiegi uprawowe z zastosowaniem agregatu uprawowego (kultywator o wąskich zębach i wał strunowy) wraz z przykryciem nawozów. Do nawożenia przedsiewnego zastosowano połowę dawki nawożenia standardowo prowadzonego w rolnictwie konwencjonalnym (200kg mocznika: 90 kg N na 1 ha oraz 200 kg polifoski "6": 12 kg N, 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg K<sub>2</sub>O na 1 ha). Siew wykonano przy użyciu siewnika punktowego w rozstawie 75 cm x 16 cm pomiędzy roślinami w rzędzie w bloku, gdzie prowadzono badania nad zgorzelą podstawy łodygi. Pielęgnacja pola była prowadzona mechanicznie.

## 3. Test fitopatologiczny – wpływ otoczkowania preparatami na bazie chitozanu na fuzariozę kolb oraz gromadzenie mykotoksyn w ziarnie

### 3.1. Patogen

W Zadaniu wykorzystano tę samą kolekcję izolatów jak w Zadaniu 1. Przygotowanie inokulum (zawiesiny zarodników grzyba) prowadzono zgodnie z metodyką opisaną w Zadaniu 1.

### 3.2. Ocena fenotypowa stopnia odporności na fuzariozę kolb

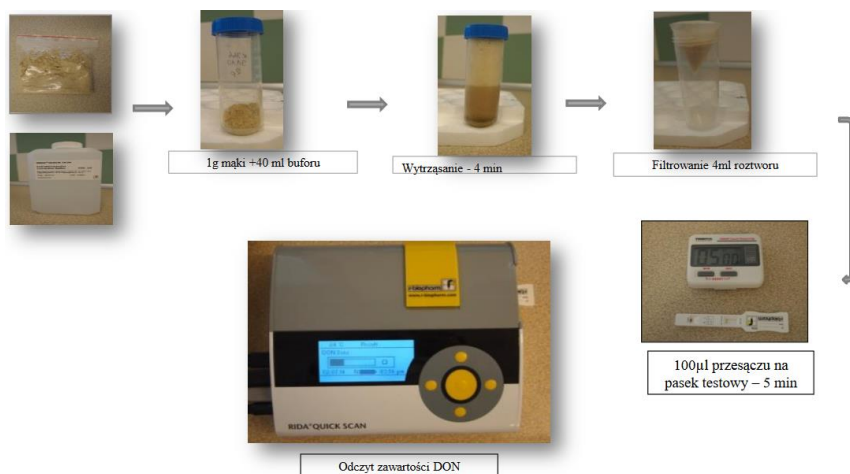
Zakażenia sztuczne kolb przeprowadzone były po mechanicznym uszkodzeniu ziarniaków 10–12 dni od daty kwitnienia kwiatostanów męskich (faza początkowej dojrzałości mlecznej BBCH 73), poprzez iniekcję 1 ml zawiesiny zarodników *Fusarium* spp. na wysokości 1/3 od podstawy kolby wykorzystując do tego celu strzykawkę czterokanałową. W obrębie każdego wariantu doświadczenia zakażano 5-6 kolb dla każdej z 4 badanych odmian oraz każdego z gatunków *Fusarium* spp. Ocenę fenotypową stopnia odporności badanych odmian przeprowadzono w fazie dojrzałości pełnej roślin. Do oceny wykorzystano skalę 1–7 w której, odpowiednio: 1= brak objawów porażenia; 2 = 1–3%, 3 = 4–10%; 4=11–25%; 5=26–50%; 6=51–75% i 7=76–100% (Reid i in. 1996). Łącznie do badań włączono 1 828 roślin.



Foto. Metodyka zakażeń sztucznych kolb kukurydzy oraz skala oceny porażenia *Fusarium* spp. (E. Czembor).

### 3.3. Określenie zawartości toksyn w ziarnie kukurydzy (DON – deoksyniwalenolu, ZEA - zearalenonu oraz FUM - fumonizyny)

Po ocenie fenotypowej kolby zostały zebrane, suszone, a następnie młócone. Próby ziarna zmielono blenderem laboratoryjnym następnie domielono młynkiem laboratoryjnym IKA A 11 basic na mąkę i poddane analizie na obecność DON, ZEA i FUM. Analizy dokonano za pomocą aparatu RIDA QUICK SCAN (analiza na bazie testu immunoenzymatycznego ELISA). Pomiaru ilościowego dokonano w zakresie 0,25–5,0 ppm. Naważone próby 4 g mąki, dodaje się 30 ml roztworu buforującego, a następnie energicznie wytrząsa przez 4 min. Ekstrakt odstawiony na 4 min i z nad osadu mąki pipetą pobiera się 4 ml roztworu, który osącza się na filtrze (przez sącze z bibuły). Do analizy wykorzystuje się 100µl przesącza który pipetą przenosi na pasek testowy. Po 5 minutach odczytuje się wynik za pomocą aparatu RIDA QUICK SCAN. Jeżeli zawartość DON lub innej toksyny przekracza 5,0 ppm roztwór rozcieńcza się buforem i prowadzi kolejne oznaczenie.



Rysunek 6. Procedura oznaczania zawartości toksyn z wykorzystaniem aparatu RIDA QUICK SCAN (E. Czembor).



Foto. Testy paskowe do odczytu analiz zawartości toksyn z wykorzystaniem aparatu RIDA QUICK SCAN (S. Frasiński).

#### 4. Test fitopatologiczny – wpływ otoczkowania ziarna preparatami na bazie chitozanu i krzemu na zgorzel podstawy łodygi

##### 4.1. Patogen

Określenie wpływu otoczkowania ziarna preparatami na bazie chitozanu oraz na bazie chitozanu wspomaganego krzemem oraz aplikacji dolistnej na rozwój zgorzeli podstawy łodygi prowadzono z wykorzystaniem tej samej kolekcji izolatów jak przy badaniach nad fuzariozą kolb oraz w Zadaniu 1. Przygotowanie inokulum (zawiesiny zarodników grzyba) prowadzono zgodnie z metodyką opisaną w Zadaniu 1.

Ocenę wpływu otoczkowania nasion preparatami na bazie chitozanu i krzemu na porażenie łodyg przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp., sprawców zgorzeli podstawy łodygi prowadzono w czterech opisanych wyżej wariantach. Łodygi były zakażane patyczkami (odkazanymi w wysokiej temperaturze), na których rosły izolaty wymienionych gatunków *Fusarium* spp. przez okres ok. 2 tygodni. Łodygi były nakłuwane pomiędzy 2 a 3 międzywęzłem. Rośliny kontrolne nakłuwano patyczkami czystymi.

Ocena fenotypowa porażenia łodyg prowadzona była w fazie mleczej. Przy ocenie fenotypowej łodygi były przecięte wzdłużnie w celu określenia poziomu porażenia w skali 1-5, gdzie podstawą do oceny będzie zakres porażenia międzywęzła w którym nastąpiło zakażenie sztuczne i 2 przyległych międzywęzłów i węzłów – w stronę korzeniową i w górę rośliny.



Foto. Różnice dla stopnia agresywności grzybów z rodzaju *Fusarium* spp. w teście oceny zgorzeli podstawy łodygi (E. Czembor, S. Frasiński).

#### 5. Określenie zawartości składników mineralnych w próbach ziarna oraz w próbach gleby

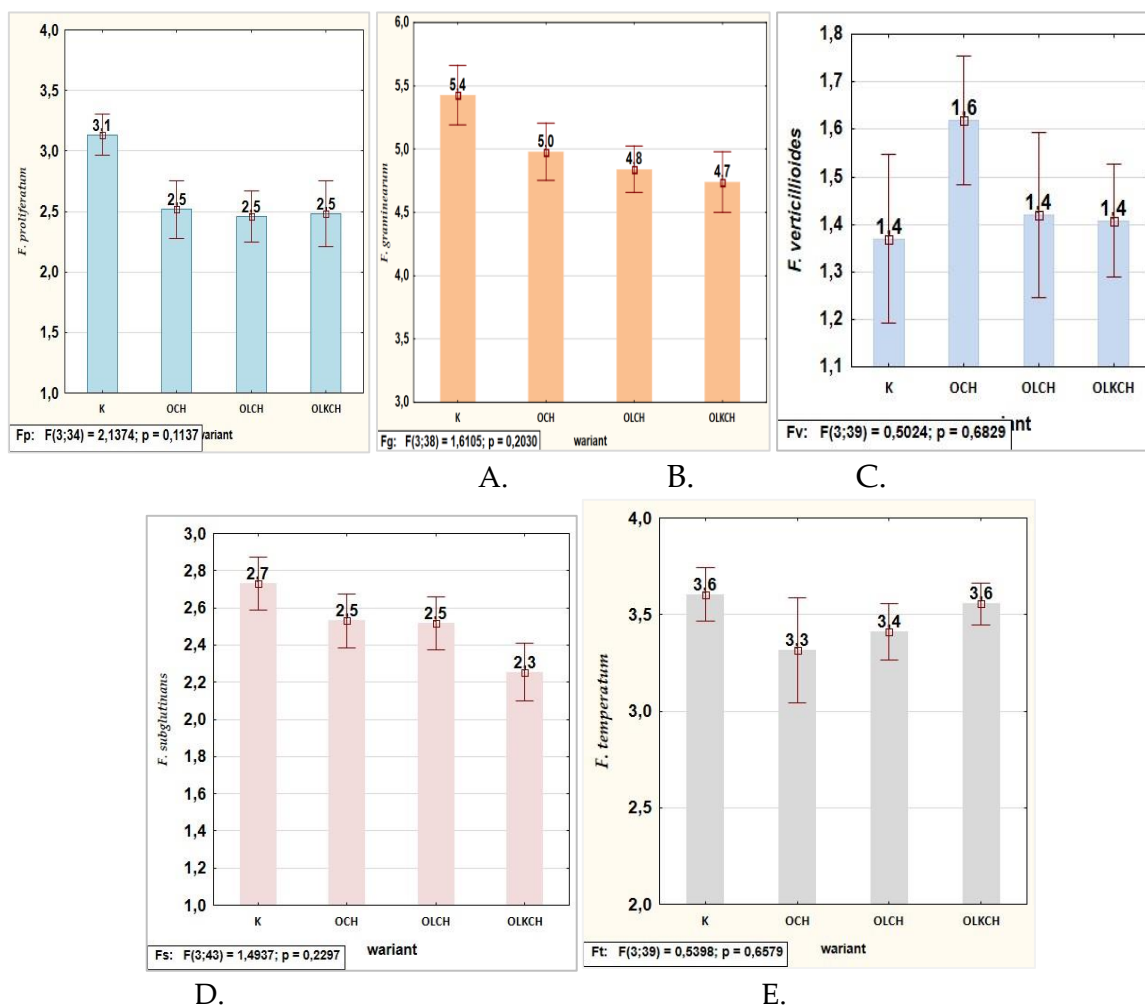
Określono zawartość składników mineralnych w próbach mąki uzyskanej po zmieleniu ziarna pobranych z 4 odmian rosnących w 4 wariantach doświadczenia polowego do założenia którego wykorzystano nasiona bez otoczkowania (wariant kontrolny: W1), nasiona otoczkowane samym chitozaniem (wariant W2 bez aplikacji chitozanu dolistnej i W3 z aplikacją chitozanu dolistną) oraz otoczkowane chitozaniem wspomaganym krzemem wraz z opryskiem dolistnie w fazie V4-V5 (wariant W4).

#### TEMAT BADAWCZY 2: WYNIKI

##### A. Określenie wpływu otoczkowania nasion kukurydzy preparatami na bazie chitozanu oraz preparatami na bazie chitozanu z dodatkiem krzemu na rozwój fuzariozy kolb

W 2024 roku głęboka susza jaka wystąpiła w okresie wiosennym i letnim w sposób istotny wpłynęła na rozwój roślin i grzybów dlatego porażenie kolb było niewielkie. Warunki pogodowe w tym temperatura i opady były monitorowane przy polu doświadczalnym. Monitorowano również wilgotność liścia szczególnie w dwóch miesiącach: lipcu i sierpniu, gdy kwiatostany żeńskie kukurydzy kwitną i należy wykonać zakażenia sztuczne. W br okres zakażeń był bardzo krótki ponieważ rośliny szybko przechodziły w fazę mleczną. Jednak można było zaobserwować, że po zakażeniach każdym z 4 gatunków grzybów z rodzaju *Fusarium* spp. *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum* największe porażenie występowało w wariantcie kontrolnym (W1). Wyjątkiem był *F. temperatum*. Do założenia wariantu kontrolnego wykorzystano ziarno bez otoczkowania

preparatem na bazie chitozanu lub krzemu. Natomiast w 3 pozostałych wariantach, do założenia których wykorzystano ziarno otoczkowane preparatem na bazie chitozanu (W2: OCH), otoczkowane preparatem na bazie chitozanu wraz z zastosowaniem oprysku tym samym preparatem (W3: OLCH) w fazie V4-V5 oraz otoczkowane preparatem na bazie chitozanu i krzemu wraz z aplikacją dolistną (W4: OLKCH) porażenie było niższe (Rysunek 7 A, B, C, D, E). Jednak przy analizie jednoczynnikowej prawdopodobieństwo różnic było statystycznie nieistotne. Statystycznie istotne zróżnicowania było gdy analizę prowadzono jako dwuczynnikową: wariant x odmiana (Rysunek 8 A, B, C, D, E).

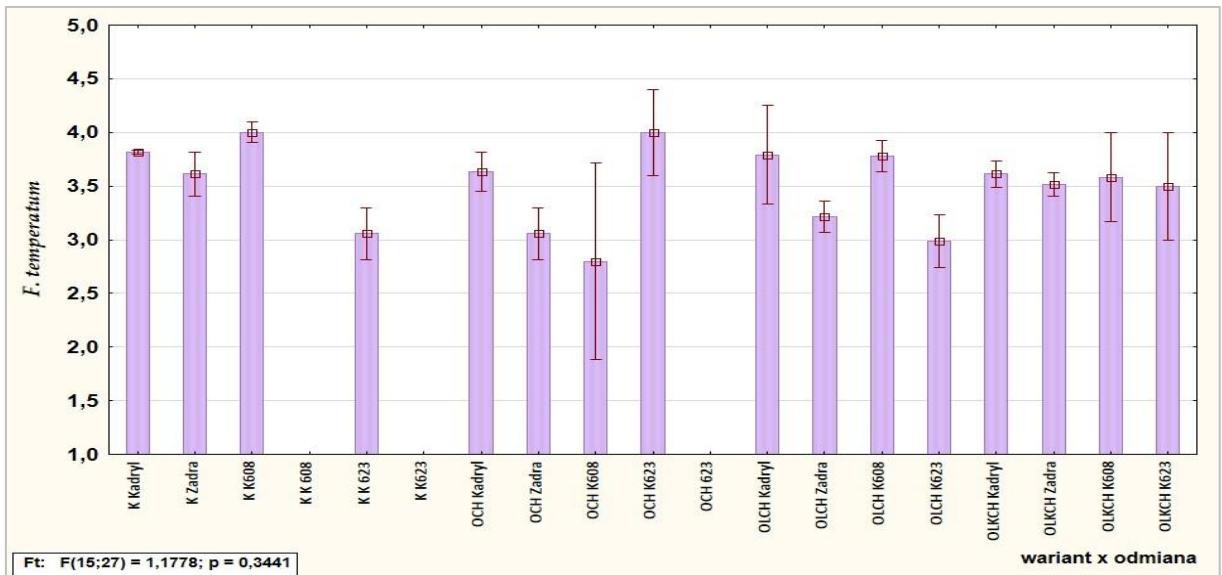


Rysunki 7 A, B, C, D, E. Stopień porażenia kolb w czterech wariantach doświadczenia polowego po zakażeniach sztucznych: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum*: Kontrolnym (K), W2 (OCH) – siew nasion otoczkowanych preparatem na bazie chitozanu, W3: OLCH – siew nasion otoczkowanych preparatem na bazie chitozanu oraz aplikacja dolistna w fazie V4-V5 preparatem na bazie chitozanu, W4: OLKCH - siew nasion otoczkowanych preparatem na bazie chitozanu oraz krzemu oraz aplikacja dolistna preparatem na bazie chitozanu w fazie V4-V5.

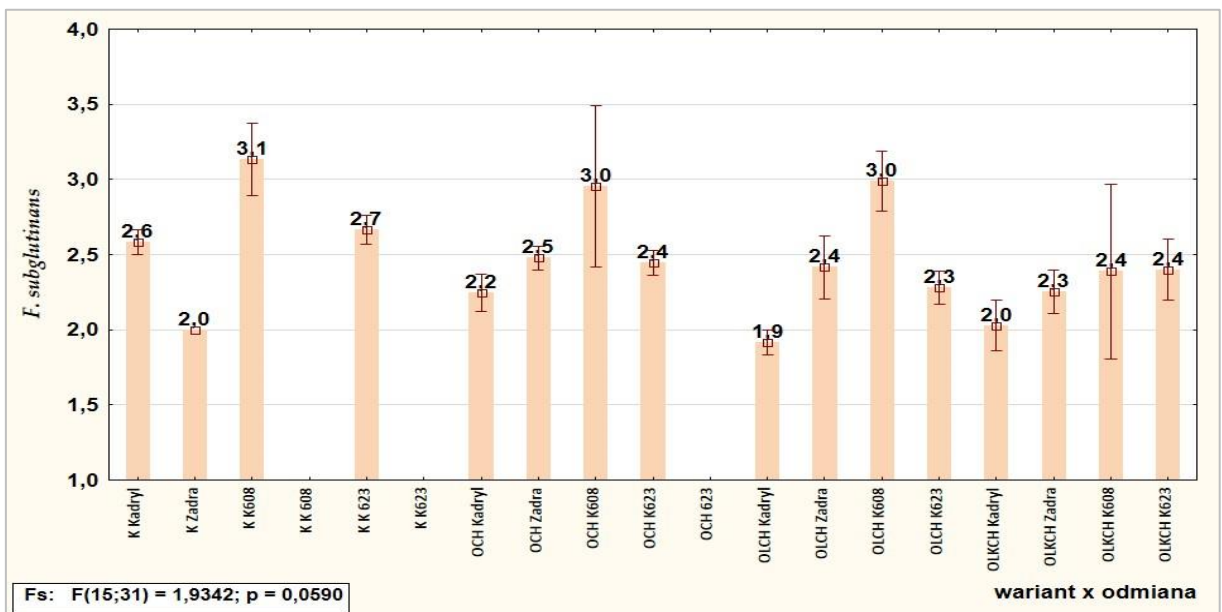




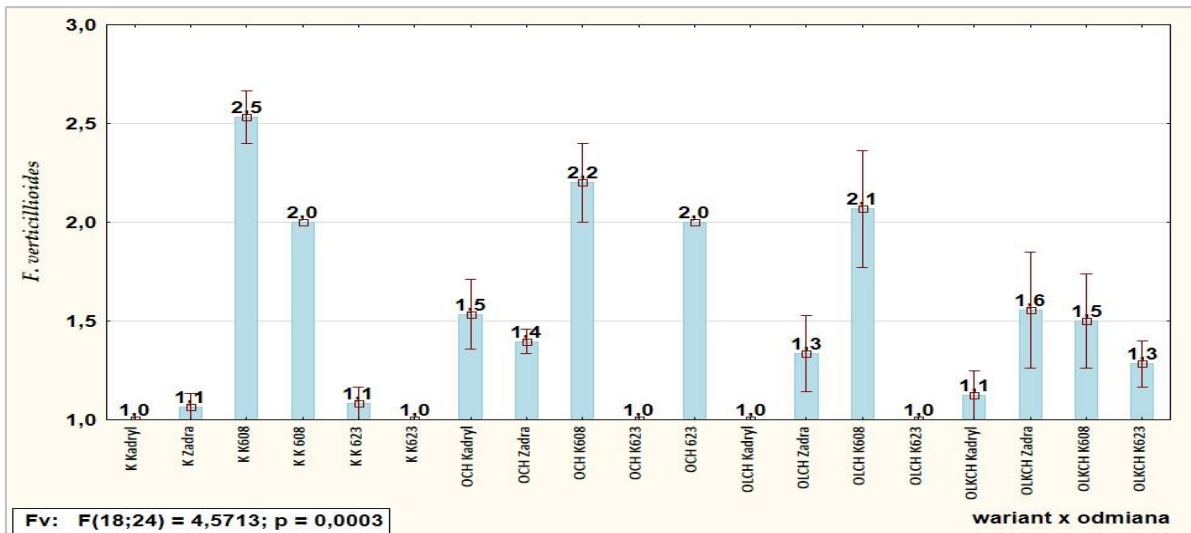
A.



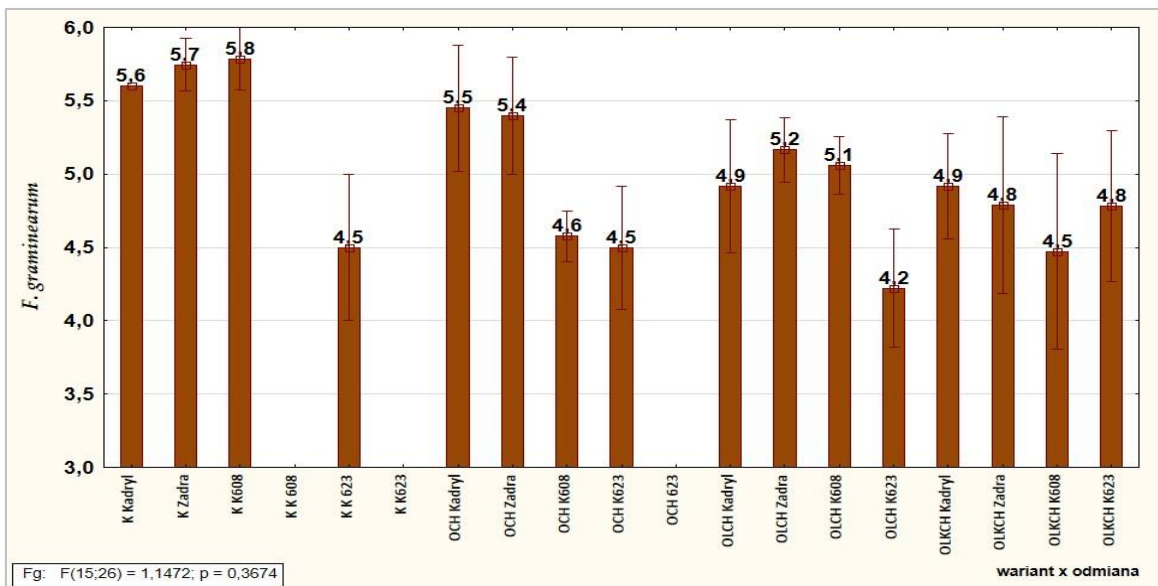
B.



C.



D.



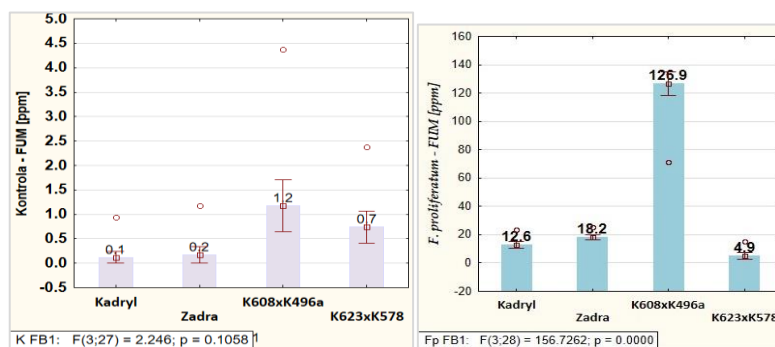
E.

Rysunki 8 A, B, C, D, E. Stopień porażenia kolb czterech odmian po zakażeniach sztucznych: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* w czterech wariantach doświadczenia polowego osobno: W1 (kontrolny K), W2 (wysiew nasion otoczkowanych preparatem z chitozanem OCH), W3 (wysiew nasion otoczkowanych preparatem z chitozanem oraz aplikacja środka dolistna: OLCH), W4 (wysiew nasion otoczkowanych chitozanem i krzemem oraz aplikacja dolistna preparatu z chitozanem: OLKCH)

Odmianą najbardziej podatną po zakażeniach sztucznych każdym z 5 grzybów była K608xK496a. Odmiana ta jest dobrym różnicującym materiałem roślinnym do dalszych badań..

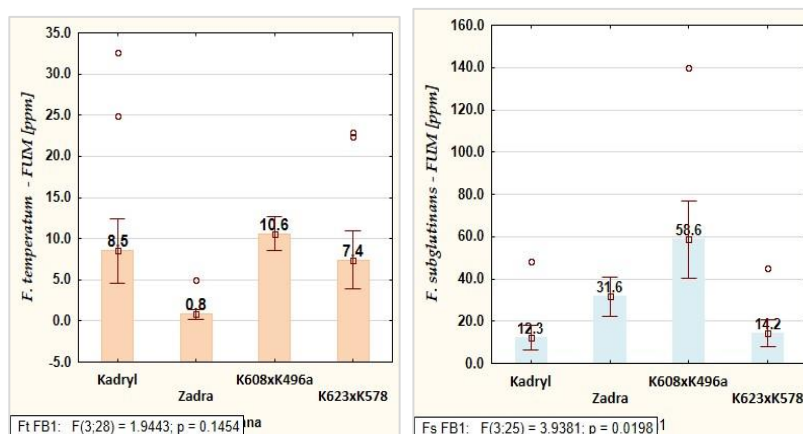
B. Określenie wpływu otoczkowania nasion kukurydzy preparatami na bazie chitozanu oraz preparatami na bazie chitozanu z dodatkiem krzemu na gromadzenie mykotoksyn w ziarnie.

Zawartość mykotoksyn korespondowała do stopnia porażenia. Nie stwierdzono statystycznie istotnego różnicowania pomiędzy wariantami otoczkowania i aplikacji dolistnej dla zawartości fumonizyn i DON po zakażeniach sztucznych. W przypadku fuzariozy kolb oceny po zakażeniach sztucznych *F. proliferatum* były podstawą do różnicowania wariantów i odmian w poszczególnych wariantach (różnice statystycznie istotne). Odmianą najbardziej podatną na fuzariozę kolb była K608xK496a – forma szklista i w ziarnie tej odmiany zawartość FUM była średnio najwyższa (Rysunki 9 A, B, C, D, E).



A.

B.



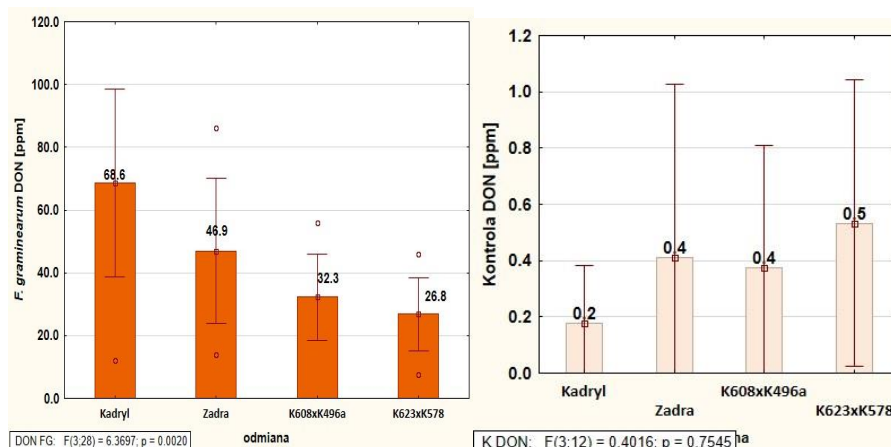
C.

D.

Rysunki 9 A, B, C, D. Różnicowanie pomiędzy odmianami pod względem poziomu skażenia fumonizynami po zakażeniach sztucznych: *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* w czterech wariantach doświadczenia polowego osobno: W1 (kontrolny K), W2 (wysiew nasion otoczkowanych preparatem z chitozanem OCH), W3 (wysiew nasion otoczkowanych preparatem z chitozanem oraz aplikacja środka dolistna: OLCH), W4 (wysiew nasion otoczkowanych chitozanem i krzemem oraz aplikacja dolistna preparatu z chitozanem: OLKCH)

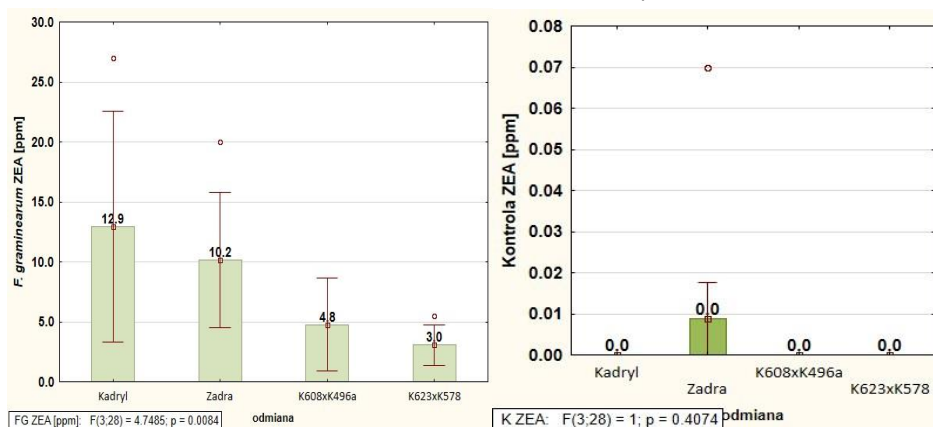
Również w przypadku DON różnicowanie pod względem zdolności do akumulacji tej toksyny po zakażeniach sztucznych pomiędzy odmianami było statystycznie istotne. Jednak odmianą która zgromadziła największą ilość DON w ziarnie był Kadryl, typowo zębokształtna forma wykorzystywana na CCM. Nie korespondowało to do wyników analiz zawartości tej toksyny w ziarnie kolb niezakażanych sztucznie i nie korespondowało do wyników dla fumonizyn. Wpływ na wyniki akumulacji w ziarnie kolb niezakażanych można interpretować faktem, że w bieżącym roku warunki pogodowe nie sprzyjały infekcji pierwotnej *F. graminearum*, którego infekcja rozpoczyna się od słupków i formy dent są

bardziej podatne natomiast infekcja pierwotna grupy *Lisolea* rozpoczyna się od osadki kolby (Rysunki 10 A, B, C i D).



A.

B.



C.

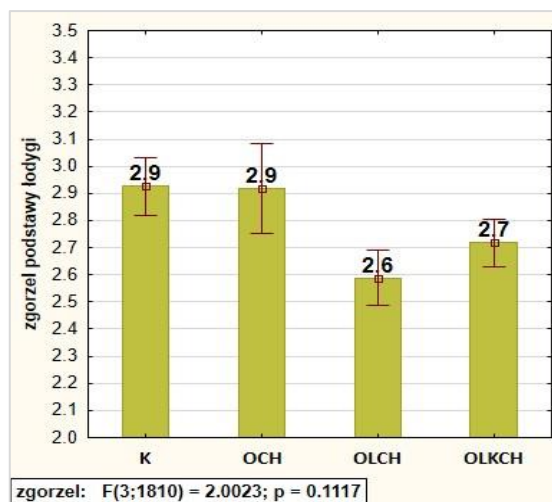
D.

Rysunki 10 A, B, C, D. Statystycznie istotne zróżnicowanie pomiędzy odmianami pod względem poziomu skażenia DON i ZEA po zakażeniach sztucznych *F. graminearum* i w wariancie kontrolnym w czterech wariantach doświadczenia polowego osobno uwzględniając otoczkowanie ziarna oraz pomiędzy wariantami dla poziomu skażenia ziarna ZEA. Różnice pomiędzy wariantami dla poziomu skażenia DON były statystycznie nieistotne.

Bardzo ważnym jest fakt, że stwierdzono statystycznie istoty wpływ aplikacji preparatów na bazie chitozanu i / lub krzemu na zawartość ZEA. Toksyna ta jest szczególnie szkodliwa i już w małych ilościach powoduje choroby ludzi i zwierząt. W normach unijnych górną granicą zawartości ZEA w ziarnie nieprzetworzonym jest 350 µg/kg (ppm). Narażenie strefowe zwierząt gospodarskich i ludzi może prowadzić do zaburzeń endokrynologicznych ze względu na działanie estrogenne. Wiąże się to z problemami rozrodczymi, takimi jak hiperestrogenizm i inne nieprawidłowości w zakresie rozrodu, niepłodność, martwe porody i zmniejszona liczebność miotów. Świnie są szczególnie podatne na te skutki, ponieważ mogą one prowadzić do zapalenia sromu i pochwy.

- C. Określenie wpływu otoczkowania nasion kukurydzy preparatami na bazie chitozanu oraz na bazie chitozanu z dodatkiem krzemu i aplikacji dolistnej na rozwój zgorzeli podstawy łodygi w warunkach polowych.

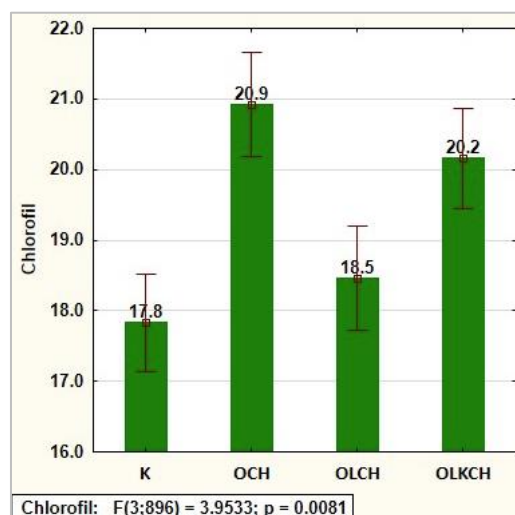
Różnice pomiędzy wariantami były statystycznie nieistotne.



Rysunek 10. Stopień porażenia łodyg w czterech wariantach doświadczenia: Kontrolnym (K), W2 (OCH) – siew nasion otoczkowanych preparatem na bazie chitozanu oraz W3 (OLCH) dodatkowo aplikacja dolistna w fazie V4-V5 preparatem na bazie chitozanu, W4: OLKCH - siew nasion otoczkowanych preparatem na bazie chitozanu oraz krzemu oraz aplikacja dolistna preparatem na bazie chitozanu w fazie V4-V5.

- D. Określenie wpływu otoczkowania nasion kukurydzy preparatami na bazie chitozanu oraz na bazie chitozanu z dodatkiem krzemu i aplikacji dolistnej na zawartość chlorofilu w liściach w doświadczeniu polowym

Różnice pomiędzy wariantami dla zawartości chlorofilu w tkankach liści były statystycznie istotne. Wykorzystanie preparatów na bazie chitozanu i krzemu statystycznie istotnie wpłynęły na zawartość chlorofilu. Może to w sposób istotny wpływać na końcowy plon ziarna, jego skład chemiczny oraz odporność na stresy.



Rysunek 11. Zawartość chlorofilu w liściach roślin ocenianych pod względem porażenia kolb po zakażeniach sztucznych: *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. temperatum* w czterech wariantach doświadczenia polowego osobno: W1 (kontrolny K), W2 (wysiew nasion otoczkowanych preparatem z chitozanem OCH), W3 (wysiew nasion otoczkowanych preparatem z chitozanem oraz aplikacja środka dolistna: OLCH), W4 (wysiew nasion otoczkowanych chitozanem i krzemem oraz aplikacja dolistna preparatu z chitozanem: OLKCH).

## 6. Określenie wpływu otoczkowania ziarna preparatami na bazie chitozanu, krzemu i aplikacji dolistnej na zawartość składników mineralnych w próbach ziarna oraz w próbach gleby

Porównano zawartość wybranych składników mineralnych w 16 próbach ziarna pobranych z roślin doświadczenia, do założenia którego wykorzystano nasiona w 4 wariantach: bez otoczkowania, otoczkowane chitozanem, otoczkowane chitozanem stosując dodatkowy oprysk chitozanem w fazie V4 – V5 oraz otoczkowane chitozanem i krzemem oraz doświadczenia stosując dodatkowy oprysk chitozanem w fazie V4 – V5.

Tabela 1. Zawartość wybranych składników mineralnych w 6 próbach glebowych pobranych z 4 wariantów doświadczenia polowego do założenia którego wykorzystano nasiona bez otoczkowania (wariant kontrolny), nasiona otoczkowane samym chitozanem wraz z opryskiem dolistnie w fazie V4-V5 oraz otoczkowane chitozanem wspomaganym krzemem wraz z opryskiem dolistnie w fazie V4-V5.

	Przed rozpoczęciem wegetacji		Po zakończeniu wegetacji			
	Przed założeniem doświadczenia	Po założeniu doświadczenia	Kontrola (W1)	W2: otoczkowane chitozan	W3: otoczkowane + dolistnie	W4: otoczkowane chitozan + krzem + aplikacja dolistnie
Materia organiczna f=1,724 [%]	1.45	1.57	1.44	1.82	1.62	1.68
pH w KCl [-]	4.4	4.3	4.6	4.3	4.2	4.6
Azot mineralny (N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> )	42	52	38	23	21	21
Azot azotanowy (N-NO <sub>3</sub> )	25	29	22	6	6	4
Azot amonowy (N-NH <sub>4</sub> )	20	23	20	20	20	20
Glin	659	644	634	644	658	631
Bor	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Wapń	437	501	377	415	342	389
Miedź	2.35	2.97	2.35	2.78	2.09	2.71
Żelazo	534	534	544	540	543	540
Potas	210	202	170	179	150	155
Magnez	56	56.9	45.1	48.4	38.8	40.7
Mangan	70.7	83.5	67.1	68	68	66.6
Molibden	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sód	22.4	27.3	23.7	24.2	20	22.6
Fosfor	426	470	424	436	429	435
Siarka	13.9	27.6	17.2	19.3	10.4	14.4
Cynk	5.49	6.23	5.08	5.23	4.26	4.95

Tabela 2. A i B Zawartość składników mineralnych w próbach ziarna pobranych z 4 wariantów doświadczenia polowego do założenia którego wykorzystano nasiona bez otoczkowania (wariant kontrolny), nasiona otoczkowane samym chitozanem wraz z opryskiem dolistnie w fazie V4-V5 oraz otoczkowane chitozanem wspomagany krzemem wraz z opryskiem dolistnie w fazie V4-V5.

Pierwiastek		Zawartość makro i mikroelementów w próbach ziarna pobranych z roślin wysianych - wariant: wysian bez otoczkowania (mg/kg)					Zawartość makro i mikroelementów w próbach ziarna pobranych z roślin wysianych - wariant: po otoczkowaniu chitozanem (mg/kg)				
		K608x K496a	K623x K578	Kadryl	Zadra	Średnia	K608x	K623x	Kadryl	Zadra	Średnia
Na	(sód)	4.15	4.61	5.72	4.04	4.6	4.11	4.65	7.73	9.01	6.4
Mg	(magnez)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
P	(fosfor)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
S	(siarka)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
K	(potas)	4007	4181	3667	4278	4034	3661	3975	3582	3257	3619
Ca	(wapń)	43.96	44.03	42.5	44.6	43.8	41.9	38.8	32.6	37.1	37.6
Mn	(mangan)	8.41	8.33	6.59	6.74	7.5	6.1	7.19	5.01	5.2	5.9
Fe	(żelazo)	23.73	25.33	20.5	23.9	23.4	20.2	21.8	17.9	18.1	19.5
Cu	(miedź)	1.5	1.43	1.24	1.47	1.4	1.29	1.37	1.2	1.27	1.3
Zn	(cynk)	25.12	25	20.3	21.9	23.1	18.1	21.1	16.8	17.4	18.4
Mo	(molibden)	0.35	0.44	0.37	0.37	0.4	0.24	0.32	0.22	0.23	0.3
(bor)	(bor)	3.6	3	2.5	3.1	3.1	3.3	2.5	1.9	1.6	2.3
Stosunek Ca:K		91.18	94.98	86.3	95.9	92.1	87.4	103	110	87.7	96.9

Pierwiastek		Zawartość makro i mikroelementów w próbach ziarna pobranych z roślin wysianych - wariant: po zaotoczkowaniu chitozanem i oprysku dolistnym (mg/kg)					Zawartość makro i mikroelementów w próbach ziarna pobranych z roślin wysianych - wariant: po zaotoczkowaniu chitozanem i krzemem i oprysku dolistnym				
		K608x K496a	K623x K578	Kadryl	Zadra	Średnia	K608x	K623x	Kadryl	Zadra	Średnia
Na	(sód)	4.8	5.54	9.34	6.16	6.5	6.15	4.25	7.86	6.94	6.3
Mg	(magnez)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
P	(fosfor)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
S	(siarka)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
K	(potas)	3700	3683	3100	4027	3628	4071	3864	3492	4025	3863
Ca	(wapń)	41.41	33.26	35.1	40.5	37.6	53.8	34.6	32.4	40.7	40.4
Mn	(mangan)	5.13	4.53	3.85	5.02	4.6	5.54	6.37	4.79	5.82	5.6
Fe	(żelazo)	17.19	18.55	16.7	19.8	18.0	16.2	17.7	15.4	19.1	17.1
Cu	(miedź)	1.23	0.91	0.88	1.03	1.0	1.45	1.3	1.11	1.57	1.4
Zn	(cynk)	17.3	15.84	16.3	16.9	16.6	18.3	20.2	15.2	19.4	18.3
Mo	(molibden)	0.22	0.23	0.22	0.23	0.2	0.24	0.24	0.25	0.22	0.2
Bo	(bor)	2.7	1.9	1.6	2.2	2.1	2.3	2.7	2	1.9	2.2
Stosunek Ca:K		89.37	110.7	88.3	99.5	97.0	75.7	112	108	98.8	98.6

Średnio w próbach ziarna pobranych w wariantach tylko otoczkowanych lub otoczkowanych oraz dla których zastosowano aplikację dolistnie zawartość sodu była wyższa niż w wariacie kontrolnym. Sód podobnie jak potas zwiększa tolerancję roślin na suszę, m.in. poprzez wzrost ciśnienia osmotycznego komórek roślinnych, które dzięki temu sprawniej pobierają i zatrzymują wodę. Deficyt potasu i sodu w roślinie powoduje zakłócenia w działaniu aparatów szparkowych, regulujących transpirację, przy czym tego typu anomalie są tym większe, im roślina zawiera mniej sodu. Zawartość boru i większości mikro oraz wybranych makro pierwiastków była niższa. Stosunek Ca:K był wyższy. W próbach gleby stwierdzono, że w wariantach, w których stosowano preparaty na bazie chitozanu / i lub krzemu zawartość azotu azotanowego była znacznie niższa, co świadczy o lepszym wykorzystaniu tego pierwiastka i nie pozostałości w glebie po zakończeniu wegetacji.

## 7. WNIOSKI

### 7.1. ZADANIE 1.

7.1.1. W warunkach kontrolowanych stwierdzono zróżnicowanie dla dynamiki wzrostu roślin na podłożu skażonym zestawem pięciu izolatów osobno. Procent roślin, otoczkowanych preparatem na bazie chitozanu oraz preparatem na bazie chitozanu wspomaganym krzemem był wyższy w fazie 3 liścia niż w wariacie kontrolnym.

7.2. ZADANIE 2. Wpływ otoczkowania nasion kukurydzy preparatem na bazie chitozanu, na bazie chitozanu i krzemu oraz aplikacji dolistnej na rozwój fuzariozy kolb, zgorzeli podstawy łodygi i gromadzenie mykotoksyn w warunkach polowych.

7.2.1. Stwierdzono pozytywne tendencje spadkowe nasilenia fuzariozy kolb w wariantach do których wykorzystano ziarno po otoczkowaniu preparatem na bazie chitozani, chitozanu i krzemu i prowadzono aplikację dolistną.

7.2.2. Stwierdzono statystycznie istotne zróżnicowanie pomiędzy odmianami pod względem podatności na fuzariozę kolb i gromadzenie mykotoksyn w ziarnie. Odmianą najbardziej podatną na grzyby z rodzaju *Lisolea* produkujące fumonizyny była K608xK496. Genotypem najbardziej podatnym na *F. graminearum*, w ziarnie którego ilość DON i ZEA była najwyższa był Kadryl.

7.2.3. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ aplikacji preparatów na bazie chitozanu i / lub krzemu na zawartość ZEA. Toksyna ta jest szczególnie szkodliwa i już w małych ilościach powoduje choroby ludzi i zwierząt.

7.2.4. Nawet w wariacie kontrolnym, w którym nie prowadzono zakażeń sztucznych w ziarnie odmiany najbardziej podatnej stwierdzono zawartość mykotoksyn przy braku objawów fenotypowych.

7.2.5. Stwierdzono pozytywne tendencje spadkowe nasilenia zgorzeli podstawy łodygi w wariantach do których wykorzystano ziarno po otoczkowaniu i /



lub prowadzono aplikację dolistną.

- 7.2.6. Różnice pomiędzy wariantami dla zawartości chlorofilu w tkankach liści były statystycznie istotne. Uzasadnia to m.in. zróżnicowanie pod względem zawartości pierwiastków w ziarnie.
- 7.2.7. Stwierdzono istotny wpływ na zawartość mikro i makroskładników w wariantach w których wykorzystano ziarno otoczkowane lub / i stosowano aplikację dolistną, które w sposób pośredni warunkują odporność na stresy biotyczne i abiotyczne. Jednym z przykładów jest wzrost zawartości sodu, co jest bardzo pozytywne przy nawożeniu potasem. Zawartość kationu K<sup>+</sup> w roślinach jest jednym ze wskaźników żywieniowych paszy. Wskaźnik żywieniowy paszy to stosunek zawartości jonów jedno- do dwudodatnich. W paszach wartościowych nie może być większy niż wartość (2,2) nadmierna kumulacja K<sup>+</sup> (przenawożenie) – gwałtownie obniża wartość żywieniową paszy.

## 8. Upowszechnianie

Opracowano ulotkę i udostępniano ją doradcom rolnym w trakcie spotkania z doradcami i brokerami innowacji w IHAR-PIB oraz przekazano do Centrali CDR w Brwinowie i do Oddziału CDR w Radomiu.

**CHITOZAN** to naturalny związek, który wpływa na wzrost i rozwój roślin, reguluje procesy fizjologiczne i metaboliczne, ponadto indukuje odporność na choroby i stresy. Jest biostymulatorem, który stymuluje zawartość w liściach chlorofilu ogółem, a także potasu, fosforu, boru i żelaza.

Może być polecany w programach zrównoważonej uprawy, gdzie szczególny nacisk kładzie się na ograniczenie zużycia pestycydów i wysokich dawek nawozowych wywołujących negatywny wpływ na środowisko.

## CHITOZAN

**CHITOZAN** może być wykorzystany do opryskiwania i podlewania roślin, a także do otoczkowania nasion. W nasionach zaprawianych chitozaniem wzrasta zawartość kwasów fenolowych i kwasów ferulowych podnoszących odporność nasion na infekcje. Działanie chitozau w ochronie roślin aktywuje on w roślinie uruchomienie mechanizmów odpornościowych, ale również charakteryzuje się właściwościami antywirusowymi, antibakteryjnymi i antygrzybowymi. Chitozan stymuluje też wzrost i rozwój roślin.

Brak biodostępnego **KRZEMU** jest uznawany za krytyczny czynnik ograniczający produkcję roślin. Pierwiastek ten wpływa na intensywność fotosyntezy, lepsze wykorzystanie nawozów. Poprawia także odporność na stresy abiotyczne (susza) i biotyczne wzmacniając barierę dla patogenów.

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin  
Państwowy Instytut Badawczy  
Radzików  
05-870 Błonie



Projekt finansowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w ramach naboru Badania na rzecz rolnictwa ekologicznego 2024 pt. „Określenie efektywności otoczkowania nasion kukurydzy preparatami na bazie chitozanu oraz krzemu na rzecz rolnictwa ekologicznego w kontekście przeciwdziałania chorobom powodowanym przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp.: zgorzeli podstawy łodygi i fuzariozie kolb oraz redukcji skażenia ziarna mykotoksynami fuzaryjnymi”.

- Kierownik: Dr hab. Elżbieta Kochańska – Czembor, prof. Instytutu
  - Wykonawcy:  
Prof. Jerzy H. Czembor, mgr. Seweryn Frasiński
- Zdjęcia: E. Czembor, S. Frasiński

## Zastosowanie chitozanu:

ekologiczna alternatywa do kontroli chorób kukurydzy powodowanych przez grzyby *Fusarium* i gromadzenia mykotoksyn w ziarnie

## CHITOZAN



Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin  
Państwowy Instytut Badawczy