



Temat zadania:

Uprawy polowe metodami ekologicznymi: badania w zakresie możliwości zastosowania dopuszczonych w rolnictwie ekologicznym środków do celów zaprawiania nasion roślin rolniczych oraz jako nawozów o działaniu dolistnym

Kierownik zadania badawczego: *prof. dr hab. Cezary Kwiatkowski*

Wykonawcy zadania badawczego: *dr hab. Elżbieta Harasim, prof. uczelni*
mgr Beata Krusińska

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Katedra Herbologii i Technik Uprawy Roślin

Zrealizowano na podstawie decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 9 kwietnia 2024 r. o nr DEJ.re.765.12.2024

1. Wstęp

Pomimo, że owies zajmuje mniejszą pozycję w strukturze zasiewów w Polsce niż pszenica, zboże to ma kilka ważnych cech, które skłaniają do jego uprawy, zwłaszcza w rolnictwie ekologicznym. Ze względu na specyfikę wzrostu owies świetnie radzi sobie w konkurencji z chwastami. Wynika to z faktu, że kiełkuje w bardzo niskich temperaturach i w miarę wzrostu roślin szybko zacienia powierzchnię gleby, co daje mu znaczącą przewagę w rywalizacji z niepożądanymi gatunkami. Owies ma również doskonałe właściwości fitosanitarne. Jego rola w płodozmianie jest więc niezwykle cenna, gdyż nie jest on atakowany przez choroby podstawy źdźbła. Pozwala to na przerwanie łańcucha żywicielskiego tych patogenów i zmniejszenie presji chorób spowodowanej dominującą pozycją zbóż w strukturze zasiewów [Statistics Poland 2023, GÜNGÖR i in. 2023].

Podjęte badania zakładały analizę i ocenę innowacyjnego wykorzystania naturalnie występujących minerałów skalnych (zeolit, kreda wapienna) w ekologicznym nawożeniu i ochronie roślin (na przykładzie owsa). Minerale, poddane autorskiemu procesowi mikronizacji (ultra-zmielenia do frakcji $<0,02$ mm) stały się całkowicie rozpuszczalne w wodzie, dzięki czemu z powodzeniem (w kwestii technicznej i merytorycznej) były stosowane w dolistnym nawożeniu owsa (dokarmianiu/stymulowaniu wzrostu/uodparnianiu na stresy środowiskowe np. susza, uodparnianiu na patogeny grzybowe i szkodniki).

Należy podkreślić, że nie ma dotychczas na rynku zmielonych minerałów całkowicie rozpuszczalnych w wodzie (co najwyżej, tworzą z wodą zawiesinę). Ponadto, zmielony zeolit o grubszej frakcji ($<0,2$ mm) służył do zaprawiania nasion owsa przed siewem (obtoczenie nasion w zmielonej mączce zeolitowej).

Zeolit to naturalny minerał, który utworzony został z popiołu wulkanicznego narażonego na działania wysokich ciśnień i temperatury. Pod wpływem ogrzewania zawarta w nim woda „wrze – pieni się”, pokrywając jednocześnie powierzchnię pęcherzykami. Zeolity są to krystaliczne, uwodnione glinokrzemiany takich metali jak przede wszystkim: Ca, Mg, Na, K, Sr i Ba. Zeolity wyróżniają się szeregiem wyjątkowych cech fizyko-chemicznych, spośród których warto wymienić: wysoką pojemność adsorpcyjną, zdolność molekularno-sitową, selektywność, pojemność jonowymienną [Allen i Ming 1993, Bandura i in. 2015, Bikinina i in. 2020, Prisa 2023].

W praktyce rolniczej i ogrodniczej stosowane są zeolity o zróżnicowanej frakcji (rozdrobieniu), począwszy od frakcji 0-0,2 mm (mączka zeolitowa), po frakcję wielkości 5-10 mm i większe [Jarosz i in. 2022]. W niniejszym eksperymencie (innowacji) zastosowano

zeolit w postaci rozdrobnionej mączki o frakcji <0,02 mm, który można z łatwością wymieszać z wodą w proporcji np. 10g zeolitu/10 l wody i całkowicie rozpuścić w wodzie. W badaniach Wnioskodawcy zostały użyte zeolity pochodzące ze złóż na Dolnym Śląsku (Strzegom).

Kreda wapienna – zmikronizowana do cząsteczek o średnicy <0,02 mm całkowicie rozpuszczalnych w wodzie (w odróżnieniu od dostępnych na rynku preparatów wapniowych tworzących z wodą zawiesinę) to nowe, całkowicie naturalne, dolistne rozwiązanie nawozowe. Czysty minerał pozyskany z unikatowych złóż naturalnych wapnia (złoża w Mielniku i Starej Kornicy) był poddany przez nasz zespół innowacyjnemu procesowi mikronizacji. Cząsteczki zmikronizowanego minerału mają mikroskopijny rozmiar, dzięki czemu są doskonale pobierane i precyzyjnie przyswajane przez rośliny – w trakcie oprysków dolistnych. Mikronizacja cząsteczek kredy wapiennej pozwala na precyzyjny dobór dawki minerału, bez ryzyka fitotoksyczności [National Research Institute 2024]. Nasze wstępne badania nad tym minerałem potwierdziły bardzo wysoką zawartość w nim naturalnego wapnia CaCO₃: 96,03% (w tym CaO: 53,78%); SiO₂: 2,56%; MgCO₃: 0,61%; FeO₃: 0,05%. Ponadto, stwierdzono obecność w nim wielu mikroelementów i pierwiastków śladowych ważnych dla wzrostu i rozwoju roślin.

Należy podkreślić, iż wapń jest ważny nie tylko dla gleby (regulacja odczynu, struktury i właściwości), ale jest on nieodzowny właśnie dla samych roślin (co zapewnia najskuteczniej dolistna aplikacja rozpuszczonego w wodzie minerału). Wapń odgrywa istotną rolę w procesach podziałów mitotycznych przy wzroście i różnicowaniu komórek roślinnych. Pełni ważne funkcje w gospodarce enzymatycznej roślin. Wraz z jonami potasu reguluje pracę aparatów szparkowych – racjonalną gospodarkę wodną rośliny (transpirację). Ponadto wpływa na budowę ścian komórkowych roślin: wraz z pektynami i celulozą zwiększa ich stabilność i wytrzymałość przeciwdziałając rozwojowi patogenów (np. grzybów pasożytniczych). Wapń naturalnie stymuluje i wydłuża fotosyntezę – rośliny później się starzeją. Odpowiada za jędrność i trwałość nasion/owoców, zapobiegając chorobom przechowalniczym [Barnes i Worden 1998].

Badania naukowe potwierdzają, że niedobory wapnia oznaczają słabą kondycję i niskie plonowanie roślin i są spowodowane przez: braki pierwiastka w glebie, niską temperaturę, nadmierne opady bądź susze (szczególnie na początku wegetacji roślin). Efektem jest ograniczenie pobierania wapnia z gleby i słaby rozwój systemu korzeniowego. Można zatem stwierdzić, iż dolistne dokarmianie roślin wapniem jest wielopłaszczyznowe i bardzo istotne [Mudryk i in. 2018].

Przed przystąpieniem do zabiegów agrotechnicznych (zaprawiania nasion, oprysków dolistnych) nasz zespół badawczy prowadził badania laboratoryjne nad tymi substancjami (zeolit, kreda wapienna) w celu dokładnego ustalenia ich składu chemicznego, a po zakończeniu badań polowych zweryfikowano zakładany pozytywny wpływ minerałów na rośliny i ziarno owsa.

Charakter proponowanych badań jest unikatowy i mający zastosowanie w rolnictwie ekologicznym w Polsce i innych krajach. Nie prowadzono analogicznych badań w Polsce i w Europie i nie były one dotychczas implementowane w postaci technologii dolistnego dostarczania zmielonych minerałów całkowicie rozpuszczalnych w wodzie.

2. Hipoteza badawcza i cel badania

W niniejszych badaniach **przyjęto hipotezę**, że dolistne zastosowanie zmikronizowanych, całkowicie rozpuszczalnych w wodzie minerałów (zeolit, kreda wapienna) w zoptymalizowanych dawkach, terminach i odpowiedniej liczbie aplikacji, jak też stosowanie mączki zeolitej jako zaprawy nasiennej, przyczyni się do widocznej poprawy odporności rośliny testowej (owies) na stresy środowiskowe (susza), patogeny (choroby grzybowe, szkodniki), wpłynie na zwiększenie plonu ziarna oraz uzyskanie surowca konsumpcyjnego o lepszej jakości (skład pokarmowy, właściwości prozdrowotne), w porównaniu do obiektu kontrolnego (bez aplikacji minerałów). Założono, że najlepsze efekty związane ze zwiększeniem plonowania owsa oraz jakości ziarna tego zboża zapewni kompleksowe dolistne stosowanie obu minerałów – co najmniej 4-krotna aplikacja (zeolit) i co najmniej 2-krotna aplikacja (kreda wapienna) w trakcie okresu wegetacji zboża.

Celem badań pt. „**Ocena wpływu zmikronizowanych minerałów stosowanych dolistnie i jako zaprawa nasienna w ekologicznej uprawie owsa**” było określenie kondycji roślin owsa (stres środowiskowy, patogeny), wielkości i struktury plonu owsa oraz wybranych wyróżników składu chemicznego i parametrów prozdrowotnych ziarna owsa uprawianego w systemie ekologicznym w zależności od zróżnicowanego zastosowania zmikronizowanych minerałów (zeolit, kreda wapienna) – jako zaprawa nasienna oraz nawozy/stymulatory wzrostu aplikowane dolistnie.

3. Lokalizacja doświadczenia, materiał i metodyka badań

Realizacja przyjętego celu badań była dokonana w oparciu o eksperyment polowy (2024 r.) założony na terenie Gospodarstwa Doświadczalnego Czesławice należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Pole pod doświadczeniem (działka nr 1001) od 2010 roku jest użytkowane ekologicznie (bez użycia chemicznych środków ochrony roślin i sztucznych nawozów mineralnych). W latach 2010-2023 uprawiano na tym polu w systemie rolnictwa ekologicznego następujące gatunki roślin w 5-polowym płodozmianie: burak cukrowy – jęczmień jary – koniczyna czerwona – pszenica ozima – owies (dwie rotacje płodozmianu) oraz gorczycę białą i facelię błękitną – jako rośliny fitosanitarne i buforowe na obsiewach doświadczenia oraz w strefie (50 m) oddzielającej pole od gospodarowania konwencjonalnego. W roku 2022 na części pola ekologicznego uprawiana była gorczyca biała oraz czarnuszka siewna, a w 2023 roku marchew jadalna.

Od dnia 14 maja 2020 r. działka została objęta nadzorem PTRE „Ekogwarancja” (Sp. z o.o. Dąbrowica 185 P, 21-008 Tomaszowice, woj. lubelskie) by w konsekwencji uzyskać po okresie konwersji Certifikat Rolnictwa Ekologicznego.

Doświadczenie było prowadzone w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach, a powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 30 m² (3,0 m × 10,0 m). Poszczególne poletka ekologiczne były oddzielone od siebie ścieżkami o szerokości 2 m. Doświadczenie było zlokalizowane na glebie płowej wytworzonej z lessu (II klasa bonitacyjna), w stanowisku po gorczycy białej. Rośliną testową był owies (*Avena sativa* L. – odmiana ‘Bingo’), wysiany w pierwszej dekadzie kwietnia (08.04.2024), w ilości 200 kg/ha.

Owies ‘Bingo’ – to odmiana żółtoziarnista, dająca duży plon ziarna z łuską, a bez łuski - bardzo duży. Wybór tej odmiany do badań podyktowany był także jej dość dużą odpornością na mączniaka i rdzę wieńcową, rdzę żdźbłową, helmintosporiozę i septoriozę liści – co jest istotne w rolnictwie ekologicznym. Jednocześnie, skład chemiczny ziarna (białko, tłuszcz, błonnik pokarmowy) jest na zadowalającym poziomie. Rośliny tej odmiany owsa są średniej wysokości (mniejsza podatność na wyleganie roślin). Odmiana „Bingo” wykazuje wczesny termin wiechowania, zaś termin dojrzewania ziarna - dość wczesny, co gwarantuje prawidłowy przebieg badań (związany z czasokresem/ rozliczaniem projektu).

Przed przystąpieniem do badań polowych została przeprowadzona mikronizacja minerałów (zeolit, kreda wapienna) w młynie strumieniowym w celu uzyskania frakcji cząsteczek minerałów o średnicy poniżej 0,02 mm (co zapewnia całkowitą ich

rozpuszczalność w wodzie). Frakcja zeolitu (mączka zeolitowa) przewidziana do zaprawiania nasion owsa była z kolei zmielona grubiej – średnica około 0,2 mm.

Przed rozpoczęciem zaprawiania nasion/nawożenia dolistnego owsa, dokonano oceny laboratoryjnej właściwości chemicznych zmikronizowanych minerałów w celu zoptymalizowania ich dawek do rozpuszczenia w wodzie.

W doświadczeniu uwzględniono następujące obiekty badawcze z uprawą owsa:

A. Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów

B. Zaprawianie nasion owsa zeolitem

C. Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna)

D. Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna)

E. Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna)

F. Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna)*

**Czasokres aplikacji dolistnej minerałów (2-, 4-, 6-krotna) będzie rozpoczynał się od fazy 3-4 liści owsa, zaś kończył się w fazie kwitnienia wiech owsa – szczegółowy terminarz aplikacji przedstawiono w tabeli 1.*

Tabela 1. Terminarz dolistnej aplikacji minerałów w poszczególnych fazach rozwojowych owsa

Czasokres aplikacji dolistnej minerałów	Zeolit	Kreda wapienna
2-krotna	1. Faza 3-4 liści 2. Faza strzelania w źdźbło	-
4-krotna	1. Faza 3-4 liści 2. Faza pełni krzewienia 3. Faza strzelania w źdźbło 4. Faza zawiązywania wiechy	1. Faza pełni krzewienia 2. Faza zawiązywania wiechy
6-krotna	1. Faza 3-4 liści 2. Faza początku krzewienia 3. Faza pełni krzewienia 4. Faza strzelania w źdźbło 5. Faza zawiązywania wiechy 6. Faza kwitnienia	1. Faza początku krzewienia 2. Faza pełni krzewienia 3. Faza strzelania w źdźbło 4. Faza zawiązywania wiechy

Opryski dolistne minerałami były prowadzone opryskiwaczem poletkowym ciśnieniowym Kwazar Orion Super 10 l (AKC000097). Niezależnie od liczby aplikacji oprysków, dawka minerałów była stała i wynosiła: zeolit – 10g / 10 l wody, kreda wapienna – 8 g / 10 l wody.

Ilość mączki zeolitowej do zaprawiania nasion owsa była ustalona na poziomie: 200 g/100 kg nasion. Zaprawianie nasion na sucho w mączce zeolitowej było wykonywane poprzez przesypanie ich /obtoczenie w zmielonym mineralu. W takiej zasypce nasiona pozostawały przez 2-3 dni przed siewem. Dzięki temu uzyskane siewki owsa stały się mniej wrażliwe na zgorzele oraz choroby takie jak szara pleśń czy mączniak, a także otrzymały wstępne odżywienie składnikami mineralnymi.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że w badaniach nie stosowano żadnego nawożenia dogłębowego zasiewów owsa – co w założeniu Wnioskodawcy, pozwoliło na bardziej precyzyjne uchwycenie wpływu minerałów do zaprawiania nasion i nawożenia dolistnego na produktywność rośliny testowej.

Na wszystkich obiektach po zbiorze przedplonu (gorczyca biała) wykonano orkę podorywkę i bronowanie (3 dekada sierpnia 2023 r.). Na jesieni (2 dekada października 2023 r.) wykonano orkę przedzimową pozostawiającą rolę na zimę w tzw. „ostrej skibie”. Wiosną (2024) na wszystkich obiektach pole zostało przygotowane pod siew owsa (uprawa agregatem uprawowym).

Na podstawie badań próbek gleby pobieranych na jesieni (październik 2023 r.) gleba charakteryzowała się następującą zawartością przyswajalnych makroelementów (P = 73,1 mg/kg; K = 110,9 mg/kg; Mg = 80,7 mg/kg). Zawartość próchnicy w glebie wynosiła 1,27%.

Na plantacji owsa prowadzono 2-krotną mechaniczną (bronowanie) redukcję zachwaszczenia – przed wschodami rośliny uprawnej oraz w fazie 2-3 liści.

W trakcie wegetacji owsa był prowadzony monitoring stanu roślin (wrażliwość na stesy środowiskowe), monitoring porażenia roślin owsa przez choroby grzybowe oraz szkodniki.

Zbiór ziarna owsa przeprowadzono w 1. dekadzie sierpnia (05.08.2024).

Po zbiorze wykonano szczegółowe analizy (biometryczne i chemiczne) roślin i ziarna owsa – jako głównego elementu badawczego. Po zbiorze owsa pobrano z każdego wariantu doświadczenia próby ziarna do oznaczeń laboratoryjnych (jakościowych).

Określane cechy wynikowe przed założeniem doświadczenia oraz przed zbiorem i po zbiorze owsa:

- Określenie właściwości chemicznych minerałów (składu chemicznego zeolitu i kredy wapiennej) - ilościowy skład minerałów został określony metodą XRD, oraz metodą komputerowej analizy obrazu mikroskopowego (CAMI);
- Ocena kondycji roślin owsa (w ocenie brano pod uwagę: siłę wzrostu roślin – od fazy początku krzewienia do fazy wyrzucania wiech, wygląd liści, intensywność kwitnienia);
- Ocena porażenia roślin owsa przez choroby grzybowe - W okresie wegetacyjnym określono porażenie liścia flagowego i podflagowego owsa przez patogeny grzybowe. Ocenę stopnia porażenia liści dokonano w fazie dojrzałości młeczej owsa (BBCH 71–77), na 30 liściach flagowych i podflagowych losowo wybranych roślin z każdego poletka. Oznaczenie przeprowadzono według 9-stopniowej skali (% porażenia powierzchni liści przez kompleks chorób grzybowych): 1° – porażenie śladowe; 2° – 1-2%, 3° – 3-4%, 4° – 5-9%, 5° – 10-14%, 6° – 15-24%, 7° – 25-39% , 8° – 40-59% , 9° – 60-100% porażenia;
- Monitoring występowania szkodników na roślinach owsa/ocena ewentualnych uszkodzeń roślin wywołanych przez szkodniki – obserwacje prowadzono w fazie strzelania w źdźbło i w fazie początku kwitnienia wiech owsa na losowo wybranych 30 roślinach (liczba szkodników, ewentualne uszkodzenia liści wyrażane w % uszkodzeń);
- Stopień wylegania roślin owsa oznaczano na kilka dni przed zbiorem w skali 9-stopniowej i przeliczany na % wyległych roślin;
- Określenie cech struktury plonu owsa (obsada wiech, wysokość roślin owsa, liczba i masa ziarna z wiechy, masa tysiąca ziaren - MTZ) – liczba wiech oznaczano na powierzchni 1 m² każdego poletka, liczba ziarniaków i masa ziarna z wiechy oraz wysokość roślin określano na podstawie 30 losowo wybranych roślin owsa z każdego poletka, oznaczenie MTZ wykonano za pomocą licznika ziaren (LN3);
- Plon ogólny ziarna owsa z każdego poletka, został odniesiony do powierzchni 1 ha i wyrażony w t/ha – po sprowadzeniu ziarna do jednakowej wilgotności = 14%, z wysuszonego ziarna pobrano także ziarno z każdego wariantu do oznaczenia MTZ;

Następnie pobrano próby ziarna w każdej kombinacji doświadczenia do analiz chemicznych:

- Suchą masę ziarna określono po jego doprowadzeniu do temperatury 105°C, na podstawie normy (PN-90/A-75101/03);

- Oznaczenie zawartości N w ziarnie przeprowadzono metodą Kjeldahla [ISO 5983-1, Pasze dla zwierząt, Oznaczanie zawartości azotu i obliczanie zawartości białka surowego, Część 1: Metoda Kjeldahla, 1997];

- Zawartość aminokwasów w ziarnie oznaczono metodą HPLC (AAA 400, Ingos, Praga, Czechy). Aminokwasy były rozdzielane metodą chromatografii jonowymiennej. Kolumna o wymiarach 0,37 x 45 cm była wypełniona żywicą jonowymienną (Ostion LG ANB, Tessek, Praga, Czechy). Identyfikacja aminokwasów była przeprowadzona przy użyciu detektora fotometrycznego przy długości fali 570 nm dla wszystkich aminokwasów, natomiast dla proliny (Pro) przy długości fali 440 nm [Csomós i in. 2002];

- Całkowitą zawartość dihydroksyfenoli w ziarnie mierzono spektrofotometrycznie przy długości fali $\lambda = 725$ nm (spektrofotometr Shimadzu 1800, Shimadzu Corp. Kyoto, Japonia) i wyrażana jako równoważniki kwasu kawowego. Do wykonania pomiaru na spektrofotometrze dodaje się 50 μ l – 500 μ l ekstraktu (w zależności od oczekiwanej wartości absorpcja badanej próbki) i przenosi się do kolby miarowej. Dodaje się łącznie 2,0 ml metanolu, 10 ml H₂O, 2 ml odczynnika Folina i 1,0 ml 10% roztworu Na₂CO₃. Próbki odstawia się na 0,5 h, następnie zalewa wodą dejonizowaną do kreski i dokonuje się pomiaru na spektrofotometrze przy długości fali $\lambda = 725$ nm w stosunku do próbki referencyjnej [Singleton i Rossi, 1965];

- Całkowitą zawartość błonnika pokarmowego oznaczono metodą grawimetryczną enzymatyczną z wykorzystaniem systemu Fibertec 2010 (FOSS, Hillerød, Dania). Próbki były poddane trawieniu następującymi enzymami: termostabilną alfa-amylazą, pepsyną i pankreatyną; była określana masa niestrawionej pozostałości, z roztworu wytrącany supernatant rozpuszczalnego błonnika pokarmowego i określana jego masa. Analiza mineralna izolatu była przeprowadzona metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej przy użyciu spektrofotometru VarianSpectra A 280 FS (Varian, Inc., Palo Alto, Kalifornia, USA);

- Metody oznaczania poszczególnych pierwiastków w ziarnie owsa:

- fosfor (P) - według metody CLB/ESA/5/2019 wersja 3;
 - potas (K) - (bez lampy), długość fali 766,5 nm, szczelina 0,2 nm, płomień acetylen/powietrze (stosunek stechiometryczny);
 - wapń (Ca) - lampa wapniowo-Varian, prąd 4 mA, długość fali 422,7 nm, szczelina 0,5 nm, płomień acetylen/powietrze (stosunek stechiometryczny);
 - magnez (Mg) - magnezowa lampa Varian, prąd 4 mA, długość fali 202,6 nm, szczelina 1,0 nm, płomień acetylen/powietrze (stosunek stechiometryczny);
 - żelazo (Fe) - lampa Varian, prąd 5 mA, długość fali 248,3 nm, szczelina 0,2 nm, płomień acetylen/powietrze (stosunek stechiometryczny);
 - mangan (Mn) - lampa Varian, prąd 5 mA, długość fali 279,5 nm, szczelina 0,2 nm, płomień acetylen/powietrze (stosunek stechiometryczny);
 - cynk (Zn) - lampa Varian, prąd 5 mA, długość fali 213,9 nm, szczelina 1,0 nm, płomień acetylen/powietrze (stosunek stechiometryczny);
 - miedź (Cu) - lampa Varian, prąd 5 mA, długość fali 324,8 nm, szczelina 0,5 nm, płomień acetylen/powietrze (stosunek stechiometryczny);
 - selen (Se) - lampa Varian, długość fali 196,0 nm lub 204 nm.
- Zawartość białka i zawartość skrobi oznaczono z użyciem Analizatora Ziarna Omega (OmegAnalyser Grain, OMEGA G, nr 21 G 708663, Analizator Podczerwieni NIR-T), Bruins Instruments, Germany, zaś zawartość tłuszczu oznaczono według PN-EN ISO 11085:2015-10 - wersja polska.
- Zawartość mykotoksyn w ziarnie owsa oznaczano metodą chromatografii cieczowej wysokosprawnej HPLC (SYKAM) przy użyciu różnych typów detektorów (fluorescencyjnego, fotodiodowego, refraktometrycznego), w celu wykrycia określonych typów mykotoksyn (Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1126/2007, [Chełkowski i in. 2012].
- Całkowitą zawartość polifenoli oznaczono metodą Naczki i in. [1998] przy użyciu odczynnika Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich). W pierwszym etapie polifenole z materiału ekstrahowano 80% metanolem, a po odwirowaniu 70% acetonem. Absorbancję supernatantu odczytywano przy 725 nm. Stężenie polifenoli wyrażano w ekwiwalentach katechiny (\pm) (mg g^{-1} s.m.). Całkowitą zawartość polifenoli zdefiniowano jako całkowity poziom wolnych i zestryfikowanych kwasów fenolowych oraz nierozpuszczalnych, związanych polifenoli.

Wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji oraz zweryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń statystycznych posłużył program Statistica PL.

4. Wyniki badań

Dane z analiz laboratoryjnych przedstawione w tabeli 2. obrazują, że zastosowane w badaniach **minerały aplikowane dolistnie** (zeolit o frakcji <0,02 mm i kreda wapienna o frakcji <0,02 mm) oraz użyty jako **zaprawa nasienna zeolit** o frakcji <0,2 mm, wykazywały zróżnicowany skład chemiczny. Szczególnie duże różnice występują w zawartości Ca: kreda wapienna – 423 tys. mg kg⁻¹; zeolit 0,02 mm – 15,5 tys. mg kg⁻¹, zaś zeolit 0,2 mm tylko 9,2 tys. mg kg⁻¹. Pokazuje to, że obróbka zeolitu w młynie strumieniowym do frakcji rozpuszczalnej w wodzie (<0,02 mm) skutkuje większą koncentracją wapnia w ultra-zmielonym nawozie. Podobną tendencję pomiędzy zeolitami obserwujemy w przypadku zawartości magnezu, a także w nieco mniejszym stopniu w zawartości miedzi i krzemu (korzystniejsze wartości w zeolicie o frakcji 0,02 mm). W przypadku pozostałych badanych składników zeolitów (potas, sód, cynk, miedź, glin) zawartości są zbliżone w obu frakcjach tych nawozów. Warto odnotować, iż zeolit grubiej zmielony (frakcja <0,2 mm) cechuje się widocznie większą zawartością żelaza, w stosunku do zeolitu o frakcji <0,02 mm.

Tabela 2. Właściwości chemiczne uwzględnionych w doświadczeniu minerałów

Składnik	Zeolit (frakcja 0,2 mm)	Zeolit (frakcja 0,02 mm)	Kreda wapienna (frakcja 0,02 mm)
Ca (mg kg ⁻¹)	9210	16500	423000
Mg (mg kg ⁻¹)	2680	2740	1190
K (mg kg ⁻¹)	16900	16600	71
Na (mg kg ⁻¹)	999	994	69
Fe (mg l ⁻¹)	4890	4500	330
Zn (mg l ⁻¹)	22,2	21,4	7,90
Cu (mg l ⁻¹)	3,43	3,46	1,43
Mn (mg l ⁻¹)	170	161	19,35
P ₂ O ₅ (%)	0,48	0,43	0,52
SiO ₂ (%)	25,5	30,6	18,8
Al ₂ O ₃ (%)	14,2	14,9	12,8
Pb (%)	nie stwierdzono	nie stwierdzono	nie stwierdzono
Hg (%)	nie stwierdzono	nie stwierdzono	nie stwierdzono

Skład chemiczny kredy wapiennej (poszczególnych pierwiastków) na tle zeolitów jest znacząco inny. Co oczywiste, zawartość wapnia w kredzie jest ponad 25-cio krotnie większa od zeolitu 0,02 mm oraz blisko 46-cio krotnie większa od zeolitu 0,2 mm. Kreda zawiera też więcej fosforu niż obydwa zeolity. Natomiast w przypadku pozostałych oznaczonych w minerałach pierwiastków – kreda wapienna posiada ich znacznie mniej niż zeolity.

Bardzo istotnym faktem z punktu widzenia stosowania tych trzech minerałów w systemie ekologicznego gospodarowania jest zupełny brak w ich składzie szkodliwych pierwiastków: ołowiu i rtęci (nie stwierdzono nawet śladowych wartości tych pierwiastków).

Reasumując, badania laboratoryjne potwierdziły dużą przydatność do badań minerałów skalnych oraz ich ekologiczność. Nadto, badania własne nad tymi minerałami przeprowadzone przed ich zastosowaniem na poletkach doświadczalnych, potwierdziły całkowitą rozpuszczalność w wodzie (100%) zeolitu i kredy wapiennej o frakcji <0,02 mm.

Sucha masa roślin owsa zależała istotnie od przyjętego czynnika eksperymentalnego (dolistnej aplikacji minerałów) – tab. 3. Jednakże, w fazie krzewienia owsa uwidoczniła się tylko tendencja minimalnie korzystniejszej biomasy owsa w wyniku stosowania dolistnego minerałów, ponieważ liczba aplikacji i czasokres oddziaływania minerałów był dopiero początkowy. W fazie krzewienia, niezależnie od wariantu doświadczenia, sucha masa części nadziemnej owsa zawierała się w przedziale: 64,8 – 65,7 g m⁻¹.

W fazie strzelania w źdźbło stwierdzono już istotnie korzystniejszą masę nadziemną zboża na obiektach C-F (wielkość biomasy: około 110 - 118 g m⁻²), w stosunku do obiektów A i B (bez dolistnej aplikacji minerałów) – wielkość biomasy: około 101-104 g m⁻²). Jednocześnie, odnotowano w tej fazie istotnie większą biomasę na obiektach E i F, w stosunku do obiektów C i D – o około 6%. Oznacza to, że warianty nawożenia minerałami z uwzględnieniem zeolitu i kredy wapiennej były korzystniejsze już w tej fazie rozwojowej owsa, niż warianty z aplikacją dolistną wyłącznie zeolitu. Począwszy od fazy wyrzucania wiechy obserwowano coraz bardziej korzystną różnicę w wielkości nadziemnej masy owsa w wyniku rosnącej liczby aplikacji minerałów dolistnych, w stosunku do obiektów A i B, ale też względem obiektu C (najmniejsza liczba dolistnej aplikacji minerałów). Szczególnie na obiektach E i F (z najbardziej intensywnym dokarmianiem dolistnym owsa) powietrznie sucha biomasa roślin była istotnie większa od stwierdzonej na obiektach A i B o około 22%. Opisana tendencja zwiększania się nadziemnej masy owsa wraz z rosnącą liczbą aplikacji minerałów ugruntowała się znamiennie w fazie dojrzałości mleczonej owsa. Mianowicie, istotne statystycznie różnice stwierdzono pomiędzy wszystkimi obiektami (C – F), na których stosowano dolistnie minerały. Na obiekcie F (z maksymalną przyjętą w badaniach liczbą aplikacji zeolitu i kredy wapiennej) powietrznie sucha masa owsa była istotnie największa (około 793 g m⁻²) względem pozostałych obiektów, a w porównaniu do obiektów A i B (bez dolistnej aplikacji minerałów) była większa o około 33%. Pokazuje to, że stosowanie dolistne minerałów w zasiewach owsa wymiennie wpływa na przyrost biomasy tej rośliny. Na obiekcie

B nie prowadzono dolistnego nawożenia owsa, a jedynie zaprawianie nasion owsa zeolitem o frakcji 0,2 mm. Dane zawarte w tabeli 3 dowodzą, że samo zaprawianie nasion owsa, w stosunku do braku zaprawiania nasion (obiekt kontrolny A) nie ma istotnego wpływu na przyrost nadziemnej masy roślin owsa. We wszystkich 4 badanych fazach rozwojowych owsa obserwowano jedynie tendencję niewielkiego zwiększania się biomasy owsa na obiekcie B w stosunku do obiektu A, jednakże różnice te leżały w granicach błędu eksperymentalnego.

Tabela 3. Powietrznie sucha masa części nadziemnej owsa w g m⁻² (w 2024 roku)

Fazy rozwojowe owsa	Obiekty doświadczenia					
	A*	B	C	D	E	F
BBCH 23 ¹	64,8 a ²	65,0 a	65,2 a	65,4 a	65,5 a	65,7 a
BBCH 33	101,4 a	104, 2 a	110,1 b	112,3 b	117,4 c	118,6 c
BBCH 55	353,4 a	357,3 a	419,2 b	431,1 c	452,2 d	456,3 d
BBCH 75	525,4 a	528,6 a	751,7 b	766,2 c	779,5 d	792,7 e

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹BBCH 23 – krzewienie; BBCH 33 – strzelanie w źdźbło; BBCH 55 – wyrzucanie wiechy; BBCH 75 – dojrzałość mleczna.

²Średnie oznaczone w wierszach różnymi literami (a-e) różnią się istotnie (HSD _{p=0,05})

W niniejszych badaniach, monitorowano ogólny **stan kondycji roślin** (tab. 4), który wynika zarówno z warunków pogodowych, ale także z obranego na poletkach czynnika eksperymentalnego – stosowania dolistnego minerałów i zaprawiania nasion owsa zeolitem. Za punkt odniesienia dla zmienności tego parametru przyjęto wybrane fazy rozwojowe owsa, a brano pod uwagę cechy organoleptyczne roślin, takie jak: ich wygląd/jędrność liści, wybarwienie liści/intensywność wybarwienia oraz intensywność kwitnienia (w ostatniej badanej fazie rozwojowej). Obserwacje przyporządkowywano 9-stopniowej skali, a otrzymane wyniki obserwacji przeliczano na % zdrowych roślin (tab. 4). Z poniższego zestawienia wynika, że już w fazie krzewienia uwidoczniły się istotne różnice w kondycji roślin owsa pomiędzy obiektem A (kontrola) a obiektem B (wyłącznie zaprawianie nasion owsa) – więcej o około 6 punktów procentowych (p.p.) zdrowych roślin na obiekcie B. W

kolejnych monitorowanych fazach rozwojowych owsa (strzelanie w źdźbło, wyrzucanie wiechy) relacja pomiędzy obiektami A i B odnośnie zdrowo wyglądających roślin była zbliżona jak w fazie krzewienia, ale relatywnie % zdrowych roślin zmniejszał się. W fazie dojrzałości młecznej tylko 50% roślin owsa na obiekcie kontrolnym miało zdrowy wygląd – na obiekcie B takich roślin było około 66%. Dane zawarte w tabeli 4 obrazują, że już w fazie krzewienia stwierdzono istotny wpływ stosowania dolistnego minerałów (obiekty C – F) na wygląd roślin owsa, względem obiektów bez minerałów dolistnych (A i B). W fazie strzelania w źdźbło opisana tendencja utrzymywała się, a poza tym, % zdrowo wyglądających roślin na obiektach E i F (odpowiednio: 90% i 92%) był istotnie większy nie tylko względem obiektów A – B, ale też w stosunku do obiektów C i D (odpowiednio: 83% i 85% zdrowych roślin). Oznacza to, że w wariantach E oraz F, gdzie oprócz zeolitu stosowano dolistnie kredę wapienną notowano najkorzystniejszy wpływ minerałów na kondycję roślin owsa. W kolejnej fazie rozwojowej owsa (wyrzucanie wiechy) % zdrowych roślin na obiektach C – F minimalnie zmniejszał się, a % zdrowych roślin był istotnie najkorzystniejszy na obiektach E i F (odpowiednio: 87% i 89%). W fazie dojrzałości młecznej % zdrowo wyglądających roślin owsa na obiektach E – F utrzymywał się na dosyć wysokim poziomie (85 – 87%) i był istotnie największy w stosunku do pozostałych obiektów, a w szczególności na tle obiektu kontrolnego A (ilość zdrowo wyglądających roślin owsa większa o około 36 punktów procentowych). Powyższa analiza dowodzi, że stosowanie co najmniej 4 aplikacji dolistnych zeolitu oraz co najmniej 2 aplikacji dolistnych kredy wapiennej pozwala na utrzymanie roślin owsa uprawianego w systemie ekologicznym w dosyć dobrej kondycji.

Tabela 4. Ocena stanu kondycji roślin owsa (wygląd i wybarwienie liści/ intensywność kwitnienia) wyrażonej w skali 9-stopniowej i przeliczanej na % zdrowych roślin (w 2024 roku)

Fazy rozwojowe owsa	Obiekty doświadczenia					
	A*	B	C	D	E	F
BBCH 23 ¹	72 a ²	78 b	87 c	90 c	92 c	95 bc
BBCH 33	70 a	76 b	83 c	85 c	90 d	92 d
BBCH 55	60 a	69 b	77 c	82 d	87 e	89 e
BBCH 75	50 a	66 b	75 c	79 c	85 d	87 d

Objaśnienie:

- A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;
- B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;
- C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);
- D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹BBCH 23 – krzewienie; BBCH 33 – strzelanie w źdźbło; BBCH 55 – wyrzucanie wiechy; BBCH 75 – dojrzałość mleczna.

²Średnie oznaczone w wierszach różnymi literami (a-e) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Monitoring porażenia roślin owsa przez kompleks chorób grzybowych prowadzony **w fazie pełni krzewienia** (tab. 5) wykazał, że na obiekcie kontrolnym A, na którym nie zaprawiano nasion owsa przed siewem, jak też nie stosowano minerałów dolistnych, odnotowano istotnie największy procent uszkodzeń blaszki liściowej przez kompleks chorób grzybowych (średnio z 30 pomiarów = 21,3%). Zaprawienie nasion owsa przed siewem mączką zeolitową (przy braku stosowania minerałów dolistnych – obiekt B) wpłynęło na istotnie mniejszy procent porażenia liści owsa przez patogeny grzybowe, w stosunku do kontroli A, wynoszący 12%. W przypadku obiektów C – F, na których stosowano oprócz zaprawiania nasion, minerały w formie aplikacji dolistnej, stwierdzono istotnie mniejszy odsetek porażenia liści owsa przez patogeny grzybowe, wynoszący odpowiednio: C = 5,3%, D = 3,6%, E = 1,9%, F = 1,1%. Należy zauważyć, że różnice analizowanej cechy wynikowej w obrębie obiektów E-F były w granicach błędu statystycznego, a jednocześnie były to wartości istotnie większe, niż na obiektach C-D, a zwłaszcza w stosunku do obiektów A-B.

Analiza porażenia roślin owsa przez kompleks chorób grzybowych przeprowadzona w **fazie dojrzałości mlecznej** owsa wykazała pogłębiającą się infekcję zboża przez te patogeny (tab. 5). Równocześnie stwierdzono liniową zależność, że wraz ze zwiększaniem intensyfikacji stosowania minerałów w zasiewach owsa uzyskiwano większą odporność owsa na choroby grzybowe. Rozpatrując szczegółowo powyższe spostrzeżenie, zauważono, że na obiekcie kontrolnym A (bez zaprawiania nasion i dolistnej aplikacji minerałów) skala porażenia owsa przez patogeny grzybowe wynosiła średnio z 30 pomiarów – 57,9% (była istotnie największa). Efekt samego zaprawiania nasion owsa zeolitem (obiekt B) uwidocznił się także w tej fazie rozwojowej zboża, ponieważ odsetek porażenia owsa chorobami grzybowymi = 44,8% (był istotnie mniejszy niż na kontroli A). Należy dodać, że samo zaprawianie nasion owsa zeolitem nie jest wystarczającą ochroną owsa przed patogenami grzybowymi, ponieważ stopień porażenia owsa przez kompleks chorób grzybowych w tej fazie rozwojowej na obiekcie B jest dosyć wysoki. Natomiast bardzo pozytywną przesłanką jest fakt, że stosowanie na poletkach owsa minerałów aplikowanych dolistnie wpływało na istotne ograniczenie porażenia przez choroby grzybowe w stosunku do obiektów A i B. Co

ważne, zwiększanie liczby aplikacji dolistnej minerałów, a zwłaszcza aplikacja zeolitu wraz z kredą wapienną powodowało sukcesywnie zmniejszanie się odsetka roślin owsa porażonych przez choroby grzybowe. W rezultacie tego, na obiekcie z najbardziej kompleksową aplikacją minerałów (F) stopień porażenia przez kompleks chorób grzybowych wynosił tylko 5,9% (istotnie najmniej). W obrębie pozostałych obiektów (C-E) różnice statystyczne omawianej cechy były istotne, a stopień porażenia przez patogeny grzybowe wynosił: E = 11,1%, D = 20,9%, C = 27,3% (tab. 5).

Tabela 5. Monitoring porażenia roślin owsa przez kompleks chorób grzybowych

Nr próby	Porażenie roślin owsa przez kompleks chorób grzybowych (% uszkodzonych liści) – w fazie pełni krzewienia 15.06.2024 r.						Porażenie roślin owsa przez kompleks chorób grzybowych (% uszkodzonych roślin) – w fazie dojrzałości mleczej 31.07.2024 r.					
	A*	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1.	15	7	3	4	1	2	58	45	30	25	10	7
2.	12	8	4	2	0	0	51	39	25	30	13	6
3.	10	6	3	5	2	1	67	36	24	30	10	5
4.	15	10	5	3	1	0	50	35	30	20	8	4
5.	18	10	5	3	2	2	65	40	18	15	12	6
6.	20	12	6	4	3	1	40	30	20	18	10	7
7.	25	15	4	3	1	2	55	45	20	20	15	10
8.	30	8	3	4	2	2	60	55	25	20	10	5
9.	35	20	8	5	3	1	55	60	30	15	8	5
10.	12	7	4	1	2	0	60	55	30	18	12	4
11.	12	10	5	3	2	0	70	50	35	20	15	8
12.	18	10	6	4	1	0	55	40	30	35	10	6
13.	15	6	3	6	3	3	65	35	20	40	7	6
14.	18	15	6	4	1	1	40	30	35	10	5	3
15.	20	12	7	2	1	3	50	35	20	20	10	10
16.	25	10	8	5	5	2	60	35	25	15	15	8
17.	25	18	5	5	2	2	60	50	30	25	15	12
18.	35	10	4	3	3	1	65	60	35	25	12	4
19.	40	25	7	4	4	0	70	40	30	10	10	3
20.	10	8	5	2	1	1	50	70	20	20	10	5
21.	20	10	5	3	0	0	75	50	35	20	10	5
22.	15	10	10	5	0	1	70	40	20	25	15	4
23.	15	8	2	8	4	1	40	38	25	20	12	3
24.	20	15	4	2	2	3	60	30	35	18	10	7
25.	20	18	8	2	1	0	65	45	15	15	8	3
26.	25	15	7	5	2	0	50	35	28	20	18	8
27.	25	20	3	2	0	1	65	45	25	15	20	12
28.	35	10	2	3	1	4	50	60	30	30	7	4
29.	35	8	10	4	4	0	60	65	35	18	5	4

30.	18	20	8	2	2	0	55	50	40	15	10	3
Średnio	21,3 a ¹	12,0 b	5,3 c	3,6 d	1,9 e	1,1 e	57,9 a	44,8 b	27,3 c	20,9 d	11,1 e	5,9 f

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w wierszach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Monitoring porażenia roślin owsa przez szkodniki przeprowadzony w fazie strzelania w źdźbło wykazał minimalną liczbę szkodników na losowo wybranych liściach zboża (średnio 1 szkodnik), niezależnie od wariantu nawożenia minerałami poletek eksperymentalnych (tab. 6). Co z tym związane, szkodniki wyrządziły znikome szkody (uszkodzenia blaszki liściowej) w zasiewach owsa. Różnice związane z uszkodzeniami liści przez szkodniki były nieistotne statystycznie w obrębie wariantów doświadczenia, a odsetek uszkodzeń blaszki liściowej zamykał się w przedziale 1,6 – 3,2%.

Tabela 6. Monitoring porażenia roślin owsa przez szkodniki fazie strzelania w źdźbło

Nr próby	Porażenie roślin owsa przez szkodniki (liczba szkodników na liściu w szt.) – w fazie strzelania w źdźbło (10.07.2024 r.)						Porażenie roślin owsa przez szkodniki (% uszkodzonej blaszki liściowej) – w fazie strzelania w źdźbło (10.07.2024 r.)					
	A*	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1.	1	0	3	0	0	1	5	0	10	0	0	3
2.	2	2	1	2	0	0	10	6	2	4	0	0
3.	0	1	0	0	1	1	0	3	0	0	3	2
4.	1	1	0	1	1	0	3	2	0	2	3	0
5.	0	0	1	2	2	1	0	0	3	4	4	3
6.	0	1	0	1	1	0	0	4	0	3	2	0
7.	2	3	3	0	0	0	5	10	15	0	0	0
8.	1	1	1	0	1	2	3	3	2	0	2	5
9.	0	2	0	3	0	0	0	4	0	12	0	0
10.	3	1	1	1	2	0	5	3	2	2	5	0
11.	0	1	2	2	0	1	0	5	5	5	0	2
12.	0	1	3	2	1	0	0	2	10	3	3	0
13.	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	4
14.	1	1	1	1	0	1	1	3	3	3	0	3

15.	2	1	1	2	1	2	8	3	2	5	3	5
16.	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2	6	2
17.	2	1	2	0	3	0	4	3	4	0	3	0
18.	3	1	3	2	0	0	10	4	8	4	0	0
19.	0	2	0	1	1	1	0	3	0	2	2	2
20.	1	3	2	2	0	0	3	10	5	3	0	0
21.	0	1	1	0	1	0	0	2	3	0	3	0
22.	1	1	1	1	1	0	2	3	3	2	3	0
23.	1	2	2	1	0	1	3	2	4	2	0	2
24.	2	3	1	0	2	2	10	12	2	0	5	6
25.	2	1	2	2	1	1	10	2	4	5	2	3
26.	0	0	1	1	1	0	0	0	3	3	3	0
27.	0	0	0	2	0	1	0	0	0	6	0	2
28.	3	0	2	0	1	1	8	0	5	0	3	3
29.	0	1	1	0	1	1	0	3	2	0	2	2
30.	1	2	1	1	1	0	3	4	3	3	2	0
Średnio	1,0 a ¹	1,1 a	1,2 a	1,0 a	0,8 a	0,7 a	3,2 a	3,2 a	3,3 a	2,5 a	2,0 a	1,6 a

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w wierszach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Monitoring porażenia roślin owsa przez szkodniki przeprowadzony w fazie początku kwitnienia wiech potwierdził znikomą liczbę szkodników występujących w zbożu, na poziomie podobnym, jak we wcześniejszej monitorowanej fazie rozwojowej (tab. 6 i 7). Średnio z 30 pomiarów w każdej kombinacji eksperymentu, liczba szkodników wynosiła 1-2 na liściu i była nieistotna statystycznie w obrębie obiektów A – F. Stwierdzono natomiast istotnie większe uszkodzenia blaszki liściowej w tej fazie rozwojowej owsa na obiektach A i B, na których nie stosowano dolistnie minerałów – odsetek uszkodzeń przez szkodniki wynosił odpowiednio: 8,4% i 6,6%. Dolistna aplikacja minerałów sprzyjała najwidoczniej większej odporności blaszek liściowych owsa na uszkodzenia przez szkodniki (istotnie większej względem obiektów A-B), a odsetek uszkodzeń wynosił: obiekt C = 3,6%, D = 2,9%, E = 2,1%, F = 1,1% (różnice pomiędzy tymi obiektami były nieistotne statystycznie). Pokazuje to, że aplikacja dolistna zeolitu, a szczególnie zeolitu wraz z kredą wapienną była skuteczną ochroną owsa przed tymi patogenami (tab. 7).

Tabela 7. Monitoring porażenia roślin owsa przez szkodniki w fazie początku kwitnienia wiech

Nr próby	Porażenie roślin owsa przez szkodniki (liczba szkodników na liściu w szt.) – w fazie początku kwitnienia wiech (25.07.2024 r.)						Porażenie roślin owsa przez szkodniki (% uszkodzonej blaszki liściowej) – w fazie początku kwitnienia wiech (25.07.2024 r.)					
	A*	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
1.	2	2	1	2	0	0	10	5	5	5	0	0
2.	3	3	1	0	0	0	12	16	3	0	0	0
3.	1	2	0	0	1	1	8	4	0	0	4	3
4.	4	0	0	1	1	0	20	0	0	4	3	0
5.	1	1	1	2	2	1	7	3	6	5	5	2
6.	1	2	0	1	1	0	6	5	0	3	3	0
7.	2	4	2	1	0	0	8	25	7	3	0	0
8.	2	2	1	0	1	0	6	6	4	0	3	0
9.	3	1	0	1	0	0	12	4	0	3	0	0
10.	3	2	1	1	2	0	15	5	5	5	4	0
11.	1	1	2	2	0	1	3	4	5	4	0	2
12.	2	4	2	3	1	0	4	20	6	7	3	0
13.	0	3	0	0	0	1	0	3	0	0	0	2
14.	1	3	1	1	0	1	3	3	3	3	0	3
15.	3	1	1	1	1	0	20	5	4	3	3	0
16.	1	0	0	1	2	1	5	0	0	5	4	4
17.	2	2	1	0	2	0	2	6	4	0	3	0
18.	4	2	1	2	0	0	15	7	5	6	0	0
19.	1	3	2	1	1	1	6	12	6	3	3	2
20.	0	4	2	2	0	0	0	20	8	5	0	0
21.	1	2	1	0	1	0	4	7	3	0	2	0
22.	2	0	1	1	1	0	8	0	3	3	2	0
23.	2	4	2	1	0	1	5	18	4	3	0	1
24.	1	2	1	0	2	2	3	5	4	0	5	5
25.	3	1	2	2	1	1	20	4	5	4	3	3
26.	1	2	1	1	1	0	5	2	3	3	3	0
27.	1	1	1	0	0	1	5	1	3	0	0	4
28.	4	3	1	2	1	0	20	3	5	4	3	0
29.	3	2	1	1	1	1	15	2	3	3	3	3
30.	2	2	1	1	1	0	6	2	4	3	3	0
Średnio	1,9 a ¹	2,0 a	1,0 a	1,0 a	0,8 a	0,4 a	8,4 a	6,6 a	3,6 b	2,9 b	2,1 b	1,1 b

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w wierszach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Tabela 8. Plon ziarna owsa oraz wybrane cechy struktury plonu owsa (średnio z 3 powtórzeń)

Obiekty badawcze	Obsada wiech z 1m ² (szt.)	Masa ziaren z wiechy (g)	Liczba ziaren z wiechy (szt.)	MTZ (g)	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)
A	309 a ¹	1,13 a	36 a	33,51 a	3,49 a
B	321 a	1,14 a	37 a	34,02 a	3,66 a
C	328 ab	1,31 b	40 b	36,30 b	4,29 b
D	331 ab	1,37 b	41 b	36,45 b	4,53 c
E	340 bc	1,40 b	41 b	37,09 b	4,70 c
F	345 bc	1,43 bc	44 c	37,14 b	4,93 d

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Obsada wiech owsa na 1 m² oznaczona kilka dni przed zbiorem rośliny uprawnej była istotnie zróżnicowana sposobem, asortymentem i ilością stosowania minerałów (tab. 8). Na obiektach A i B, które różnicowało zaprawianie nasion przed siewem mączką zeolitową (B) i brak zaprawiania nasion (A) nie stwierdzono istotnie statystycznej różnicy w obsadzie wiech. Wprowadzenie nawożenia dolistnego owsa zeolitem (obiekty C i D; odpowiednio 4 i 6-krotnego) skutkowało istotnie większą obsadą wiech na jednostce powierzchni w stosunku do kontroli A – o 19 – 22 wiechy na 1m². Uzupełnienie 4 i 6-cio krotnych oprysków owsa zeolitem aplikacją dolistną kredy wapiennej (2 i 4-ro krotną; obiekty E i F) wpływało na istotnie największą obsadę wiech na 1 m² (340 – 345), w stosunku do obiektów A – D.

Zbliżone zależności związane ze stosowaniem minerałów, jak w przypadku obsady wiech, stwierdzono w **masie ziaren z wiechy** owsa (tab. 8). Na obiektach A i B zanotowano niemal identyczną masę ziarna z wiechy, co potwierdza brak wpływu zaprawiania nasion przed siewem na tą cechę wynikową. W obrębie obiektów C, D i E zaobserwowano jedynie

tendencję większej masy ziarna z wiechy wraz z intensyfikacją oprysków dolistnych (analiza statystyczna nie potwierdziła istotności tych różnic). Z kolei, na obiekcie F, gdzie liczba oprysków zeolitem oraz kredą wapienną była najliczniejsza, stwierdzono istotnie największą masę ziarna z wiechy, w stosunku do obiektów A – D.

Liczba ziaren z wiechy owsa była niemal identyczna (odpowiednio 36 i 37 sztuk) na obiektach A i B (tab. 8). Istotnie większa była liczba ziaren z wiechy na obiektach C – E (odpowiednio: 40, 41 i 41 sztuk), w stosunku do obiektów A – B. Na obiekcie F – z największą liczbą aplikacji minerałów dolistnych – odnotowano istotnie największą liczbę ziaren z wiechy owsa (44 sztuki) w porównaniu do wszystkich pozostałych kombinacji eksperymentu polowego.

Masa tysiąca ziaren owsa wykazywała niemal liniową zależność z masą ziarna z kłosa (tab. 8). Istotnie najmniejszą MTZ owsa stwierdzono na obiektach A i B (jednak występowała tendencja lepszej dorodności ziarna na obiekcie B, niż na obiekcie A. Stosowanie coraz to większej liczby oprysków dolistnych owsa minerałami (obiekty C – F) wpływało na tendencję poprawy MTZ ziarna owsa (największa MTZ na obiekcie F = 37,14 g), ale różnice w dorodności ziarna owsa w obrębie obiektów C – F były w granicach błędu eksperymentalnego.

Jak powszechnie wiadomo, **plon ziarna** zbóż jest z reguły wypadkową obsady kłosów/wiech na jednostce powierzchni oraz masy ziarna z kłosa/wiechy. W niniejszym eksperymencie zależność ta została potwierdzona (tab. 8). Plon ziarna owsa (wyrażony w $t\ ha^{-1}$) był istotnie najmniejszy na obiekcie kontrolnym A – wynosząc $3,49\ t\ ha^{-1}$. Zaprawianie nasion owsa przed siewem zeolitem, bez jakichkolwiek innych form nawożenia owsa, wpływało na zwiększenie plonu ziarna o $0,17\ t\ ha^{-1}$, ale był to wzrost nieistotny statystycznie. Natomiast, wprowadzenie dolistnego nawożenia owsa zeolitem (obiekty C i D) oraz zeolitem i kredą wapienną (obiekty E i F) wpłynęło na istotny wzrost plonów w stosunku do obiektu B, a zwłaszcza do obiektu kontrolnego A, odpowiednio o: C – $0,63-0,80\ t\ ha^{-1}$; D – $0,87-1,04\ t\ ha^{-1}$; E – $1,04-1,21\ t\ ha^{-1}$; F – $1,27-1,44\ t\ ha^{-1}$. Należy także zauważyć, że na obiektach D i E owies plonował istotnie wyżej, niż na obiekcie C, zaś na obiekcie F – istotnie najwyżej ($4,93\ t\ ha^{-1}$), w stosunku do wszystkich pozostałych obiektów doświadczalnych. Dowodzi to, że stosowanie dolistnej aplikacji zeolitu (6-krotne) + dolistnej aplikacji kredy wapiennej (4-krotne) było uzasadnione w aspekcie plonotwórczym.

Tabela. 9. Wybrane cechy struktury plonu owsa (średnio z 3 powtórzeń)

Obiekty badawcze	Wysokość roślin (cm)	Wyleganie roślin (%)
A*	52,5 c ¹	3 a
B	63,5 b	3 a
C	70,5 a	2 a
D	61,3 b	2 a
E	68,5 a	0 a
F	71,2 a	0 a

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Stosowanie minerałów w zasiewach owsa (jako zaprawa nasienna i nawozy dolistne) miało istotny wpływ na **wysokość roślin** tego zboża (tab. 9). Istotnie najniższe rośliny owsa (średnio tylko 52,5 cm) stwierdzono na obiekcie kontrolnym A – bez stosowania jakichkolwiek minerałów. Zróżnicowana ilość aplikacji i asortyment minerałów miały niejednoznaczny wpływ na wysokość roślin owsa. W obrębie obiektów F, E i C zanotowano najwyższe rośliny owsa, odpowiednio: 71,2 cm, 68,5 cm i 70,5 cm (ale różnice w wysokości roślin na tych obiektach były w granicach błędów eksperymentalnych). Rośliny owsa na obiektach B i D były zbliżonej wysokości (istotnie wyższe niż na obiekcie kontrolnym A oraz istotnie niższe względem obiektów F, E i C).

Wyleganie roślin owsa było na znikomym poziomie (0 – 3%) i wykazywało brak statystycznych różnic w obrębie porównywanych obiektów doświadczalnych (tab. 9).

Zawartość **suchej masy** w ziarnie owsa była nieistotna statystycznie, pomimo zróżnicowanego dolistnego dokarmiania owsa minerałami (tab. 10). Zauważamy jednak tendencję zwiększania się zawartości suchej masy w ziarnie wraz z wprowadzaniem zwiększonej liczby aplikacji dolistnej minerałów.

Zawartość **białka** w ziarnie pszenicy jarej była nieistotna statystycznie w obrębie wariantów doświadczenia: A – C (8,01 – 8,43%) i istotnie mniejsza od stwierdzonej w warunkach obiektów: D – F (odpowiednio: 9,07%, 9,01% i 9,19%). Tak więc, zawartość białka w ziarnie z obiektu F (z największą liczbą aplikacji zeolitu i kredy wapiennej) była najkorzystniejsza (tab. 10).

Zawartość **tluszczu** w ziarnie owsa (tab. 10) układała się wprost proporcjonalnie do zwiększania intensyfikacji stosowania minerałów w zasiewach owsa. Samo zaprawianie nasion owsa mączką zeolitową (obiekt B) nie miało praktycznie żadnego wpływu na akumulację tego składnika pokarmowego (nieistotna statystycznie różnica względem obiektu kontrolnego A). Ale począwszy od obiektu C (4-krotna aplikacja dolistna zeolitu) notowano istotny wzrost zawartości tego składnika, w stosunku do obiektów A – B, przy czym różnice pomiędzy obiektami C i D oraz obiektami E i F były zbliżone (nieistotne). Różnica w zawartości tłuszczu w ziarnie owsa pomiędzy obiektami kontrolnymi a obiektem E (najkorzystniejszym dla zawartości tłuszczu) wynosiła około 23%.

Zawartość **skrobi** w ziarnie owsa wykazywała (za wyjątkiem obiektów A i B) inne tendencje niż zawartość tłuszczu (tab. 10). Bowiem, wraz ze zwiększaniem liczby aplikacji dolistnej minerałów oraz dodatkiem do zeolitu kredy wapiennej, malała zawartość skrobi w ziarnie owsa. Istotnie największą zawartość skrobi w ziarnie, w stosunku do pozostałych obiektów doświadczalnych stwierdzono w warunkach obiektów C i D (a więc w sytuacji 4- lub 6-krotnej aplikacji dolistnej zeolitu, ale bez dodatku kredy wapiennej).

Tabela 10. Zawartość składników pokarmowych w ziarnie owsa (średnio z 3 powtórzeń)

Obiekty badawcze	Sucha masa (%)	Białko (%)	Tłuszcz (%)	Skrobia (%)
A*	86,61 a	8,01 a	4,07 a	46,1 a
B	86,66 a	8,04 a	4,14 a	46,5 a
C	87,96 a	8,43 a	4,36 b	51,8 b
D	88,06 a	9,07 b	4,73 b	51,3 b
E	88,09 a	9,01 b	5,28 c	50,2 c
F	88,07 a	9,19 b	5,12 c	49,8 c

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Zawartość **składników prozdrowotnych** w ziarnie owsa (o-dihydroksyfenoli, błonnika pokarmowego i witaminy C) – tabela 11, była istotnie najmniejsza na obiekcie kontrolnym A (a więc w warunkach braku stosowania dolistnego minerałów) oraz w warunkach - wyłącznie zaprawiania nasion przed siewem zeolitem (obiekt B). Wprowadzenie w badaniach dolistnego dokarmiania mikroelementami wpływało na istotne zwiększenie zawartości w ziarnie badanych składników prozdrowotnych, wraz ze zwiększaniem liczby aplikacji dolistnej minerałów oraz ich asortymentu (zeolit + kreda wapienna). W rezultacie, na obiekcie F z dolistną aplikacją zeolitu (6-krotną) + dolistną aplikacją kredy wapiennej (4-krotną) zawartość w ziarnie owsa: o-dihydroksyfenoli wynosiła 154,4 g 100 g⁻¹; zawartość błonnika pokarmowego wynosiła 18,6 g 100g⁻¹, a witaminy C – 7,1 mg g⁻¹ surowca i była większa od zanotowanej na obiekcie kontrolnym A odpowiednio: o około 26% (o-dihydroksyfenole), około 19% (błonnik pokarmowy) oraz o około 30% (witamina C).

Tabela 11. Zawartość składników prozdrowotnych w ziarnie owsa (średnio z 3 powtórzeń)

Obiekty badawcze	O-dihydroksyfenole (g/100 g surowca)	Błonnik pokarmowy (g/100 g surowca)	Witamina C (mg/100g surowca)
A*	114,7 a	15,1 a	5,1 a
B	115,2 a	15,4 a	5,3 a
C	142,3 b	16,9 b	6,4 b
D	149,9 c	17,3 b	6,4 b
E	153,1 c	18,2 bc	7,1 c
F	154,4 cd	18,6 c	7,3 c

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Czynniki doświadczenia (minerały do zaprawiania nasion owsa oraz do aplikacji dolistnej) miały znikomy (nieistotny statystycznie) wpływ na zawartość **azotu** w ziarnie owsa (tab. 12). Wynikało to m.in. z faktu, że zarówno zeolit, jak i kreda wapienna nie zawierają w swoim składzie N.

Zawartość **fosforu** w ziarnie owsa była istotnie najmniejsza na obiekcie kontrolnym A oraz na obiekcie B (wyłącznie zaprawianie ziarna zeolitem) – tab. 12. Wprowadzenie dolistnego dokarmiania owsa minerałami skutkowało istotnym zwiększeniem zawartości P w ziarnie, odpowiednio o: około 26% (obiekty C – D) i około 29% (obiekty E – F), w stosunku do obiektów A – B.

Podobne tendencje do zawartości fosforu w ziarnie owsa stwierdzono w przypadku zawartości **potasu** (tab. 12). Mianowicie, wraz ze zwiększaniem liczby aplikacji dolistnej minerałów oraz dodatkiem kredy wapiennej do zeolitu (obiekty E – F), zawartość potasu w ziarnie ustawicznie wzrastała, (istotnie statystycznie względem obiektów A – B). W rezultacie, zawartość potasu w ziarnie z obiektów C i D była większa od stwierdzonej w warunkach obiektów A i B o około 15%, zaś w ziarnie z obiektów E i F była większa o około 22%.

Zawartość **magnezu** w ziarnie owsa zwiększała się liniowo w stosunku do intensyfikacji dolistnej aplikacji minerałów (tab. 12). Istotnie najmniej tego pierwiastka (564 – 571 mg kg⁻¹) stwierdzono w warunkach obiektów A – B. W warunkach obiektów C – D ilość Mg w ziarnie wzrosła o około 10%, a w warunkach obiektów E – F wzrosła o około 18% względem obiektów A – B.

Zawartość **wapnia** w ziarnie owsa zebranego z obiektów A i B przybierała niemal identyczne wartości (istotnie najmniejsze w stosunku do oznaczonych w pozostałych wariantach eksperymentu) – tab. 12. W przypadku tego pierwiastka szczególnie silnie ujawnił się efekt intensyfikacji dolistnego dokarmiania owsa minerałami, a zwłaszcza dodatek do zeolitu kredy wapiennej. W obrębie obiektów C – F notowano ustawiczny, istotny wzrost zawartości Ca w ziarnie, który w stosunku do obiektów A – B przedstawiał się następująco: obiekt C (wzrost zawartości Ca o około 19%), obiekt D (o około 24%), obiekt E (o około 32%) i obiekt F (o około 37%).

Tabela 12. Zawartość pierwiastków w ziarnie owsa (średnio z 3 powtórzeń)

Obiekty badawcze	N (%)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)
A*	1,37 a	2,62 a	2,85 a	564 a	243 a
B	1,40 a	2,69 a	2,90 a	571 a	249 a
C	1,40 a	3,53 b	3,17 b	623 b	301 b
D	1,45 a	3,56 b	3,19 b	635 b	322 c
E	1,44 a	3,71 b	3,35 c	684 c	356 d
F	1,46 a	3,72 b	3,39 c	702 c	389 e

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD _{p=0,05})

Zawartość **manganu** oraz **cynku** w ziarnie owsa była silnie determinowana przez przyjętą w badaniach liczbę aplikacji dolistnych minerałów oraz ich asortyment (tab. 13). W ziarnie z obiektów E i F, na których stosowano odpowiednio: dolistną aplikację zeolitu (4-, 6-krotną) + dolistną aplikację kredy wapiennej (2-, 4-krotną), zawartość Mn wynosiła 33,3 – 35,5 mg kg⁻¹, a zawartość cynku wynosiła 29,4 – 30,0 mg kg⁻¹ i była większa, odpowiednio: o około 44% (Mn) i 18% (Zn) od zanotowanej w warunkach obiektów A – B (bez dolistnej aplikacji minerałów). Dolistna aplikacja samego zeolitu (4-, 6-krotna) bez dodatku kredy wapiennej (obiekty C i D) również wpływała na istotnie większą zawartość Mn i Zn w ziarnie owsa (średnio o około 16%) w stosunku do kontroli A i obiektu B.

Zawartość **żelaza** w ziarnie owsa z obiektów A i B przyjmowała zbliżoną wartość (tab. 13). Natomiast we wszystkich wariantach z dolistną aplikacją minerałów (obiekty C – F) zawartość żelaza w ziarnie owsa była również na podobnym poziomie, ale istotnie wyższym (średnio o około 15%) od stwierdzonego w warunkach obiektów A – B.

Istotnie największą zawartość **miedzi** w ziarnie owsa odnotowano w warunkach obiektów D, E i F, odpowiednio: 4,20; 4,25 i 4,38 mg kg⁻¹. Zawartość Cu w ziarnie z obiektu C była mniejsza o około 10%, a z obiektów A i B o 25%.

W ziarnie owsa zebranych z obiektów E i F (z największą intensyfikacją liczby aplikacji minerałów dolistnych) stwierdzono istotnie największą zawartość **seleniu** (0,45 – 0,47 mg kg⁻¹), w stosunku do obiektów C – D (o około 7%), a zwłaszcza w odniesieniu do obiektów A i B (średnio o około 25%) – tab. 13.

Tabela 13. Zawartość pierwiastków w ziarnie owsa - c.d. (średnio z 3 powtórzeń)

Obiekty badawcze	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Se (mg kg ⁻¹)
A*	19,3 a	24,1 a	30,9 a	3,17 a	0,33 a
B	19,8 a	24,8 a	31,4 a	3,22 a	0,33 a
C	22,4 b	27,1 b	36,7 b	3,86 b	0,40 b
D	24,1 b	27,6 b	36,9 b	4,20 c	0,41 b
E	33,3 c	29,4 c	37,1 b	4,25 c	0,45 c
F	35,5 c	30,0 c	37,4 b	4,38 c	0,47 c

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD _{p=0,05})

Tabela 14. Zawartość aminokwasów w ziarnie owsa (średnio z 3 powtórzeń)

Parametr	Obiekty doświadczalne					
	A*	B	C	D	E	F
	mg g ⁻¹					
**Asp	7,21 a	7,33 a	8,33 b	8,48 b	9,11 c	8,95 c
Thr	2,80 a	2,91 a	3,06 b	3,08 b	3,19 b	3,67 c
Ser	3,84 a	3,88 a	4,03 b	4,18 b	4,31 c	4,65 d
Glu	17,4 a	18,1 a	19,0 b	19,5 bc	20,4 c	21,5 d
Pro	2,71 a	2,83 a	2,93 ab	3,03 b	3,20 c	3,30 c
Gly	4,64 a	4,70 a	5,04 b	5,05 b	5,36 c	5,75 d
Ala	4,27 a	4,31 a	4,56 b	4,74 b	5,08 c	5,22 c
Cys-A	4,12 a	4,15 a	4,38 b	4,39 b	4,47 b	4,89 c
Val	3,37 a	3,41 a	3,64 b	3,67 b	4,08 c	4,31 d
Met	2,21 a	2,27 a	2,75 b	2,80 b	2,94 c	2,96 c
Ile	2,80 a	2,86 a	2,90 a	3,11 b	3,28 c	3,35 c
Leu	6,01 a	6,07 a	6,26 a	6,66 b	7,03 c	7,38 c
Tyr	2,13 a	2,25 b	2,55 c	2,55 c	2,76 d	2,83 d
Phe	3,76 a	4,03 b	4,26 c	4,42 d	4,75 e	4,76 e

His	2,09 a	2,13 a	2,30 b	2,28 b	2,39 b	2,58 c
Lys	3,47 a	3,56 a	3,76 b	3,76 b	4,11 c	4,46 d
Arg	4,56 a	4,60 a	4,82 b	4,91 b	5,57 c	5,48 c
Trp	2,78 a	2,82 a	3,68 b	3,60 b	4,78 c	4,66 c
EAAI ***	56,8 a	57,2 a	65,6 b	66,8 b	76,1 c	76,4 c

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

**Asp – kwas asparaginowy, Thr – treonina, Ser – seryna, Glu – kwas glutaminowy, Pro – prolina, Gly – glicyna, Ala – alanina, Cys-A – cysteina, Val – walina, Met – metionina, Ile – izoleucyna, Leu – leucyna, Tyr – tyrozyna, Phe – fenyloalanina, His – histydyna, Lys – lizyna, Arg – arginina, Trp – tryptofan

EAAI *** - Zintegrowany indeks niezbędnych aminokwasów

¹Średnie oznaczone w wierszach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Asortyment oraz dawki minerałów zastosowanych w badaniach istotnie modyfikowały **skład aminokwasowy ziarna owsa** (tab. 14). Zastosowanie minerałów jedynie w formie zaprawiania nasion (mączka zeolitowa – obiekt B) skutkowało w przypadku zdecydowanej większości aminokwasów, tylko tendencją do większej ich zawartości w ziarnie, w stosunku do obiektu kontrolnego A (różnice nieistotne statystycznie). Istotnie większą zawartość aminokwasów w ziarnie z obiektu B, względem obiektu A stwierdzono tylko w przypadku tyrozyny (Tyr) i fenyloalaniny (Phe).

Włączenie do nawożenia owsa minerałów całkowicie rozpuszczalnych w wodzie aplikowanych dolistnie (obiekty C-F) wpływało na istotne statystycznie zwiększenie zawartości aminokwasów w ziarnie owsa, w stosunku do kontroli A oraz obiektu B. Należy zauważyć, że poza nielicznymi wyjątkami – obserwowano liniową zależność większej zawartości aminokwasów w ziarnie owsa, wraz z intensyfikacją zabiegów dolistnych minerałami. Najlepsze efekty związane z zawartością aminokwasów w ziarnie owsa uzyskano stosując dolistnie zarówno zeolit, jak i kredę wapienną (obiekty E i F). W przypadku większości aminokwasów odnotowano bowiem istotnie większą ich zawartość w ziarnie, w stosunku do obiektów A-D. Co ważne, w przypadku 8 aminokwasów określanych w badaniach laboratoryjnych (Thr, Ser, Glu, Gly, Cys-A, Val, His, Lys) stwierdzono istotnie największą ich zawartość na obiekcie F, względem wszystkich pozostałych obiektów.

Pokazuje to, że zastosowanie dolistnie w łanie owsa aż 6-krotnej aplikacji zeolitu i 4-krotnej aplikacji kredy wapiennej przyniosło w przypadku tej cechy wynikowej wymierne efekty (tab. 14).

Wyliczony na podstawie wyników laboratoryjnych **zintegrowany indeks niezbędnych aminokwasów EAAI** obrazuje istotną zależność tego parametru jakości ziarna od aplikowanych na plantacji owsa minerałów (tab. 14). EAAI określony w badaniu białka owsa wskazuje, że na poletkach doświadczalnych z aplikacją dolistną minerałów (zwłaszcza zeolitu wraz z kredą wapienną – obiekty E i F) białko w ziarnie owsa charakteryzuje się istotnie najwyższą wartością biologiczną w stosunku do kontroli A, obiektu B (wyłącznie zaprawianie ziarna zeolitem), ale też w odniesieniu do obiektów C i D, na których stosowano dolistnie tylko zeolit. Potwierdza to zasadność intensyfikacji dolistnego dokarmienia owsa minerałami, jako czynnika pozytywnie wpływającego na wartość odżywczą ziarna tego zboża, ponieważ zaniechanie aplikacji minerałów skutkowało znacznie niższą wartością EAAI (tab. 14).

Tabela 15. Zawartość mykotoksyn w ziarnie owsa w $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna (1 miesiąc po zbiorze w 2024 roku) - (średnio z 3 powtórzeń)

Rodzaj mykotoksyny	Obiekty doświadczenia					
	A*	B	C	D	E	F
Deoxynivalenol (DON)	16,8 a ¹	14,9 b	8,3 c	6,7 d	4,4 e	4,1 e
Zearalenon (ZEA)	5,41 a	4,62 b	3,90 c	3,31 d	2,02 e	1,82 f
Nivalenol (NIV)	2,94 a	2,66 b	2,38 c	2,03 d	1,48 e	1,46 e
Trichoteceny (T2)	1,09 a	0,97 b	0,59 c	0,64 d	0,33 e	0,30 e
Trichoteceny (HT2)	2,65 a	2,26 b	1,99 c	2,07 c	0,66 d	0,63 d

Objaśnienie:

A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;

B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;

C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);

D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);

E - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);

F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).

¹Średnie oznaczone w wierszach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Zawartość **mykotoksyn** w ziarnie owsa określona po okresie 1-miesięcznego składowania ziarna była ogólnie na dosyć niskim poziomie (tab. 15). Generalnie, zawartość wszystkich badanych mykotoksyn w ziarnie zebranym z obiektu kontrolnego A (bez jakiegokolwiek stosowania minerałów) była na istotnie najwyższym poziomie. Już samo zaprawianie nasion owsa przed siewem mączką zeolitową (obiekt B) wpływało na istotne zmniejszenie ich zawartości względem kontroli A. Zastosowanie w doświadczeniu z owsem dolistnej aplikacji zeolitu spowodowało istotne zmniejszenie się zawartości mykotoksyn w ziarnie w stosunku do obiektów A i B, przy czym 6-krotna aplikacja zeolitu (obiekt D) była jednocześnie istotnie korzystniejsza, od aplikacji 4-krotnej (obiekt C). Dalsza intensyfikacja zabiegów dolistnych (obiekty E-F) polegająca na uzupełnieniu 4 i 6-cio krotnej aplikacji zeolitu 2 i 4-krotną aplikacją kredy wapiennej wpływała na ukształtowanie się znikomej zawartości mykotoksyn w ziarnie owsa (istotnie mniejszej niż w ziarnie z obiektów A-D). Należy przy tym zauważyć, że zawartość mykotoksyn w obrębie obiektów E i F nie różniła się istotnie w przypadku: deoxynivalenolu, nivalenolu i trichotecenów T2 i HT2. Natomiast w przypadku zearalenonu – istotnie najmniej mykotoksyn było w ziarnie z obiektu F.

Reasumując należy stwierdzić, że najliczniej występującą mykotoksyną w ziarnie owsa był deoxynivalenol, a jego zawartość w ziarnie zebranym z obiektów E i F (średnio 4,2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna) była 4-krotnie mniejsza, niż w ziarnie z poletek kontrolnych A (16,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna). W następnej kolejności, w ziarnie owsa występował zearalenon, którego zawartość na obiektach E-F (średnio 1,92 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna) była blisko 3-krotnie mniejsza, niż na kontroli A (5,41 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna). Zawartość nivalenolu na obiektach E i F wynosiła odpowiednio: 1,48 i 1,46 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna i była 2-krotnie mniejsza niż na kontroli A (2,94 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna). Trichoteceny T2 oraz trichoteceny HT2 określone w ziarnie z obiektów E i F występowały na minimalnym poziomie, odpowiednio 0,3 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna (T2) i 0,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ziarna (HT2), tj. 3,5-krotnie mniejszym i 4,1-krotnie mniejszym, niż na kontroli A (tabela 15).

Tabela. 16. Zawartość polifenoli ogółem w całym ziarnie owsa (mg g^{-1} katechiny) oraz w otrębach z owsa (mg g^{-1} katechiny) - (średnio z 3 powtórzeń)

Obiekty badawcze	Całe ziarno	Otręby
A*	1,02 d	1,13 d
B	1,43 c	1,60 c
C	2,22 b	2,30 b
D	2,19 b	2,31 b
E	2,37 a	2,46 a
F	2,39 a	2,51 a

Objaśnienie:

- A* - Obiekt kontrolny – bez zaprawiania nasion owsa i aplikacji dolistnej minerałów;
B - Zaprawianie nasion owsa zeolitem;
C - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna);
D - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna);
E. -Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (4-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (2-krotna);
F - Zaprawianie nasion owsa zeolitem + dolistna aplikacja zeolitu (6-krotna) + dolistna aplikacja kredy wapiennej (4-krotna).
- ¹Średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami (a-f) różnią się istotnie (HSD $p=0,05$)

Zawartość **polifenoli** analizowana w całym ziarnie owsa, jak też w ziarnie zmielonym na otręby zależała istotnie od przyjętego czynnika doświadczenia (tab. 16). W obu przypadkach, istotnie najmniej polifenoli stwierdzono w ziarnie pochodzącym z poletek kontrolnych A (gdzie nie zaprawiano ziarna minerałami, ani nie wnoszono ich dolistnie). Już samo zaprawianie nasion owsa przed siewem mączką zeolitową przyczyniło się do istotnego zwiększenia zawartości tego składnika względem obiektu A, o około 29% (całe ziarno) i o około 30% (otręby). Wprowadzenie dolistnego dokarmiania owsa zeolitem (obiekty C-D), a szczególnie uzupełnienie nawożenia dolistnego zeolitem, kredą wapienną (obiekty E-F) powodowało sukcesywne zwiększenie zawartości polifenoli w całym ziarnie owsa oraz w otrębach, w stosunku do kontroli A, odpowiednio: 2,1-krotnie (obiekty C-D) oraz 2,3-krotnie (obiekty E-F). Niezależnie od wariantu eksperymentu polowego, należy zauważyć, że w zmielonym ziarnie owsa notowano większe zawartości polifenoli, niż w całym ziarnie, co pokazuje, że otręby jako składnik diety są cennym źródłem antyoksydacyjnym.

**5. Wytyczne dla rolników i producentów ekologicznych opracowane na podstawie badań realizowanych w 2024 roku w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie;
- kierownik zadania badawczego: prof. dr hab. Cezary Kwiatkowski**

Przeprowadzone wyniki badań obejmujące obserwacje i oznaczenia polowe oraz analizy laboratoryjne upoważniają do sformułowania następujących **wniosków i zaleceń**:

1. Przeprowadzone badania laboratoryjne potwierdziły korzystny skład chemiczny minerałów skalnych uwzględnionych w niniejszym eksperymencie, a przez to ich dużą przydatność do zastosowania w rolnictwie ekologicznym jako zaprawa nasienna (zeolit o frakcji $<0,2$ mm) oraz jako nawóz dolistny (zeolit i kreda wapienna o frakcji $<0,02$ mm, całkowicie rozpuszczalne w wodzie). Co istotne, nie stwierdzono w badanych próbkach minerałów zawartości szkodliwych pierwiastków: rtęci i ołowiu.
2. Zeolit (mączka zeolitowa) zastosowany jako zaprawa nasienna materiału siewnego owsa wykazał korzystne oddziaływanie na ograniczenie występowania patogenów grzybowych na roślinach owsa oraz w ziarnie tego zboża (mykotoksyny), ale oddziaływanie samej zaprawy nasiennej (bez zabiegów dolistnej aplikacji minerałów) miało znikomy wpływ na wielkość plonu, a zwłaszcza na parametry jakościowe ziarna. Plon ziarna oraz zawartość składników pokarmowych i prozdrowotnych w ziarnie owsa pod wpływem samego zaprawiania nasion kształtowały się bowiem na poziomie zbliżonym do obiektu kontrolnego.
3. Zeolit oraz kreda wapienna zmikronizowane do frakcji $<0,02$ mm, stosowane dolistnie przyniosły wymierne efekty w postaci ograniczenia występowania agrofagów w zasiewach owsa, poprawy kondycji roślin oraz istotnego zwiększenia plonu zboża, jak też zwiększenia zawartości w ziarnie wszystkich badanych parametrów jakościowych i prozdrowotnych ziarna.
4. W warunkach glebowo-klimatycznych środkowej Lubelszczyzny, pozytywny wpływ stosowanych dolistnie minerałów wykazywał (w przypadku zdecydowanej większości cech) liniową zależność ze zwiększaniem liczby aplikacji zeolitu oraz dodatku kredy wapiennej do zeolitu. Najkorzystniejszy efekt plonotwórczy i

jakościowy uzyskano stosując 6-krotną aplikację zeolitu oraz 4-krotną aplikację kredy wapiennej. Jednak, zbliżone efekty produkcyjne osiągnano także w warunkach 4-krotnej aplikacji zeolitu oraz 2-krotnej aplikacji kredy wapiennej (co można uznać za wariant wystarczający do uzyskania zadowalających efektów plonowania i jakości owsa ekologicznego).

5. Zastosowanie zeolitu (bez dodatku kredy wapiennej) aplikowanego dolistnie 4- lub 6-krotnie w zasiewach owsa, również przynosiło istotną poprawę parametrów plonowania i jakości ziarna owsa, w stosunku do obiektów kontrolnych (bez dolistnej aplikacji minerałów), ale uzyskane wyniki badań z takich wariantów były istotnie mniej korzystne, niż z wariantów, w których stosowano dolistnie zeolit z dodatkiem kredy wapiennej.
6. Konieczne jest kontynuowanie niniejszych badań zarówno w zasiewach owsa, jak i innych zbóż uprawianych w systemie ekologicznym, w celu ugruntowania/potwierdzenia uzyskanych w 2024 roku wyników badań. Celowe jest ponadto, wprowadzenie w badaniach kilku nowych wariantów dolistnego dokarmiania zboża zmikronizowanymi minerałami, z uwzględnieniem innych dawek minerałów oraz uzupełnieniem asortymentu minerałów (zastosowanie obok zeolitu i kredy wapiennej np. glinokrzemianu). Wówczas możliwe stanie się określenie, czy zwiększenie dawek zmikronizowanych minerałów stosowanych dolistnie jest w stanie jeszcze bardziej podnieść plon i jakość zbóż uprawianych w systemie ekologicznym.
7. Przekładając uzyskane wyniki badań na **praktyczne zalecenia dla praktyki rolniczej** należy stwierdzić, że:
 - Przeprowadzone w 2024 roku badania polowe potwierdzają przydatność zeolitu i kredy wapiennej zmikronizowanych do frakcji $<0,02$ mm do zastosowania dolistnego na plantacji owsa, uprawianego w systemie ekologicznym. Zasadne jest także stosowanie mączki zeolitowej (zeolit o frakcji 0,2 mm) do zaprawiania nasion owsa, ale zabieg zaprawiania nasion (bez aplikacji dolistnej minerałów), nie ma istotnego wpływu na zwiększenie plonowania owsa oraz poprawę parametrów jakościowych i prozdrowotnych ziarna;

- Za najkorzystniejszy wariant agrotechniczny dotyczący dokarmiania owsa ekologicznego minerałami należy przyjąć: zaprawianie materiału siewnego owsa mączką zeolitową (zeolit o frakcji 0,2 mm) w ilości 200 g / 100 kg ziarna oraz 6-krotną dolistną aplikację zeolitu (o frakcji 0,02 mm) w ilości 10 g/ 10 l wody + 4-krotną aplikację kredy wapiennej (o frakcji 0,02 mm) w ilości 8 g/ 10 l wody;

- Zeolit zaleca się stosować kolejno w następujących fazach rozwojowych owsa: faza 3-4 liści, faza początku krzewienia, faza pełni krzewienia, faza strzelania w źdźbło, faza zawiązywania wiechy i faza kwitnienia. Kredę wapienną zaleca się stosować łącznie z zeolitem w fazach: faza początku krzewienia, faza pełni krzewienia, faza strzelania w źdźbło, faza zawiązywania wiechy;

- Dzięki naszej innowacji związanej z mikronizacją minerałów skalnych do frakcji < 0,02 mm, składniki pokarmowe zawarte w minerałach, determinujące wzrost i rozwój roślin są dostarczane dolistnie, przez co zwiększa się efektywność wykorzystania składników odżywczych, a mniejsze znaczenie ma rodzaj gleby;

- Innowacyjne rozwiązanie, opracowane przez nasz zespół badawczy oferuje nową funkcjonalność nawożenia dolistnego w rolnictwie ekologicznym, które pozwala nie tylko zwiększyć efektywność prowadzonej działalności rolniczej (większy plon), ale także przeciwdziałać ewentualnym zagrożeniom, jak np. patogeny grzybowe, stres suszy oraz przyczynić się do szybszego przyrostu biomasy rośliny uprawnej oraz lepszej akumulacji składników pokarmowych w ziarnie owsa. W konsekwencji uzyskuje się poprawę jakości plonu owsa (korzystniejszy skład pokarmowy i prozdrowotny ziarna).

Bibliografia

- Allen E.R., Ming D.W. Recent progress in the use of natural zeolites in agronomy and horticulture. In *Natural Zeolites*. 1993. Eds DW Ming and FA Mumpton. 1995; 477–490.
- Bandura L., Franus M., Panek F., Wozuk A., Franus W. Characterization of zeolites and their use as adsorbents of petroleum substances. *Przem. Chem.* 2015; 94: 323–327.
- Barnes S., Worden R. H.. Understanding groundwater sources and movement using water chemistry and tracers in a low matrix permeability terrain: the Cretaceous (Chalk) Ulster White Limestone Formation, Northern Ireland, *Applied Geochemistry*, 13, 2, 1998, 143-153, [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(97\)00072-3](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(97)00072-3).
- Bikkinina L.H., Ezhkov V.O., Faizrakhmanov R.N., Gazizov R.R., Ezhkova A.M., Fayzrakhmanov D., Ziganshin B., Nezhmetdinova F., Shaydullin R. Effect of zeolites on soil modification and productivity. *BIO Web Conf.* 2020, 17: 00117.
- Chełkowski J., K. Gromadzka Ł. Stępień L. Lenc M. Kostecki, Berthiller F. Fusarium species, zearalenone and deoxynivalenol content in pre harvest wheat heads from Poland. *World Mycotoxin J.* 2012, 5:133-141.
- Csomós E., Simon-Sarkadi L. Characterisation of Tokaj wines based on free amino acids and biogenic amines using ion-exchange chromatography. *Chromatographia* 2002, 56, S185–S188 <https://doi.org/10.1007/BF02494136>
- Güngör H. 2023. Evaluation of some oat cultivars for grain yield, yield components and quality traits in Düzce ecological conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 7(4):718-729. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10207705>
- ISO 5983-1, Pasze dla zwierząt, Oznaczanie zawartości azotu i obliczanie zawartości białka surowego, Część 1: Metoda Kjeldahla, 1997.
- Jarosz R., Szerement, J. Gondek, K., Mierzwa-Hersztek M. The use of zeolites as an addition to fertilisers – A review, *CATENA*, 2022, 213, 106125, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106125>.
- Mudryk K., Wrobel M., Jewiarz M, Niemiec M. Possibility of using chalk in production of mineral-organic fertilizers. *Engineering for rural development*. Jelgava, 23.-25.05.2018.
- Naczka M., Amarowicz, R., Sullivan, A., Shahidi, F. Current research developments on polyphenolics of rapeseed/ Canova: A review. *Food Chem.* 1998, 62, 489–502.
- Prisa, D. The Contribution of Zeolites to Current Environmental Problems and Sustainable Applications for Cultivation and Plant Protection. *Preprints 2023*, 2023072028. <https://doi.org/10.20944/preprints202307.2028.v1>
- Singleton V.L., Rossi J.A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 1965, 16, 144–158. Available online: <http://www.ajevonline.org/content/16/3/144.full.pdf+html>
- Statistics Poland. Production of Agricultural and Horticultural Crops in 2022: Warsaw, Poland 2023. Available online: <https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/en/default>
- The balance of mineral resources deposits in Poland as of 31.12.2024. Chalk. Polish Institute, National Research Institute, 2024. <https://www.pgi.gov.pl/en/1242-surowce/surowce/skalne/14067-chalk.html>