

X KONFERENCJA NAUKOWA
z cyklu „Nauka i praktyka – rolnictwo różne spojrzenia”

PROBLEMY ROLNICTWA W ASPEKCIE ZMIAN KLIMATU

*w ramach obchodu Jubileuszu 25-lecia
Państwowej Akademii Nauk Stosowanych w Chełmie*

MATERIAŁY KONFERENCYJNE



Chel'm, 17-18 września 2026 r.



PAŃSTWOWA AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH W CHEŁMIE

22-100 Chełm, ul. Pocztowa 54
tel. 82 565 88 95
rektorat@panschelm.edu.pl
Rektor: prof. uczelni dr Beata Fałda



INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA - PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY

24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8
tel.: 81 478 67 00, 81 478 68 00
iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pl
Dyrektor: prof. dr hab. Mariusz Matyka

Opracowanie redakcyjne i graficzne:
prof. dr hab. Mariola Staniak, dr inż. Katarzyna Czopek

Spis treści

Referaty:

1. ZMIANY KLIMATYCZNE JAKO WYZWANIA DLA NAUKI, DORADZTWA I PRAKTYKI ROLNICZEJ W POLSCE *Stanisław Krasowicz, Mariusz Matyka*.....4
2. FITOMELIORACJA W KSZTAŁTOWANIU ODPORNOŚCI AGROEKOSYSTEMÓW NA ZMIANY KLIMATU *Elżbieta Malinowska*7
3. ZAGROŻENIE UPRAW PRZEZ CHWASTY W DOBIE ZMIAN KLIMATYCZNYCH *Kinga Matysiak, Roman Krawczyk, Roman Kierzek*.....9
4. ALLERGENIC AND INVASIVE PLANTS IN HUNGARY *Viktor József Vojnich, Donát Magyar*11
5. PROBLEMY ROLNICTWA – ADAPTACJA AGROFAGÓW DO ZMIAN KLIMATYCZNYCH *Marcin Baran, Anna Tratwal, Kamila Roik*12
6. SYSTEMY ZARZĄDZANIA GOSPODARSTWEM ROLNYM W POLSCE *Mariusz Holuk*.....13
7. SZTUCZNA INTELIGENCJA JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE W OCHRONIE ROŚLIN – WSTĘPNE WYNIKI PROJEKTU „INTELIGENTNY SYSTEM ROZPOZNAWANIA NIEPOŻĄDANYCH ZJAWISK NA PLANTACJACH *Wojciech Kubasik, Marcin Baran, Anna Tratwal*14
8. CZY ROLNICTWO REGENERATYWNE TO PANACEUM NA ZMIANY KLIMATU? *Marek Marks*.....16
9. OCENA REDYSTRYBUCJI WĘGLA ORGANICZNEGO I CA W PROFILU GLEBY PŁOWEJ PO 45 LATACH NAWOŻENIA AZOTEM MINERALNYM ORAZ STOSOWANIA OBORNIKA *Dorota Pikula*18
10. PRODUKTYWNOŚĆ ORAZ EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA AZOTU PRZEZ PSZENICĘ OZIMĄ W WARUNKACH WIELOLETNIEGO NIEZBILANSOWANEGO NAWOŻENIA FOSFOREM I POTASEM *Agnieszka Rutkowska*19
11. PRODUKTY UBOCZNE PRZETWÓRSTWA DYNI JAKO CENNE ŹRÓDŁO ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE AKTYWNYCH *Małgorzata Stryjecka*.....21
12. OCENA POTENCJAŁU PRODUKCYJNEGO WYBRANYCH ODMIAN IMBIRU LEKARSKIEGO (*ZINGIBER OFFICINALE* ROSC.) NA POTRZEBĘ MOŻLIWOŚCI UPRAWY W WARUNKACH GLEBOWO-KLIMATYCZNYCH POLSKI *Piotr Szulc, Joanna Kobus-Cisowska, Barbara Majoch*.....23
13. WSPARCIE DORADZTWA ROLNICZEGO I PRODUCENTÓW ROLNYCH W WYPEŁNIANIU ZASAD INTEGROWANEJ OCHRONY I PRODUKCJI - PLATFORMA SYGNALIZACJI AGROFAGÓW *Anna Tratwal, Kamila Roik, Wojciech Kubasik*24
14. BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCI A BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCIOWE *Anna Winiarska, Karolina Jachimowicz-Rogowska*25

Postery:

1. WPŁYW SYSTEMU UPRAWY ROLI NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA PSZENICY OZIMEJ ODMIANY 'LINUS' W ZMIENNYCH WARUNKACH AGROKLIMATYCZNYCH LAT 2021–2024 *Jacek Cymerman*.....27
2. WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA PLONOWANIE I ROZWÓJ PSZENICY OZIMEJ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ODMIANY LINUS NA TERENIE LUBELSZCZYZNY W LATACH 2021–2024 *Jacek Cymerman*29

3. WPŁYW NIEDOBORU WODY W RÓŻNYCH FAZACH ROZWOJOWYCH NA STAN FIZJOLOGICZNY GROCHU <i>Katarzyna Czopek, Mariola Staniak, Anna Stępień-Warda</i>	31
4. WPŁYW WARUNKÓW WILGOTNOŚCIOWYCH GLEBY NA STRUKTURĘ ROŚLIN I PŁON ŁUBINU WĄSKOLISTNEGO (<i>LUPINUS ANGUSTIFOLIUS L.</i>) <i>Katarzyna Czopek, Anna Stępień-Warda, Mariola Staniak</i>	33
5. WPŁYW RHIZOSUM N PLUS NA EFEKTY PRODUKCYJNE I EKONOMICZNE ZIEMNIAKA SKROBIOWEGO (<i>SOLANUM TUBEROSUM L.</i>) <i>Agnieszka Ginter, Krzysztof Ginter</i>	34
6. REAKCJA PSZENICY ORKISZ ODMIANY ‘ROKOSZ’ NA INTENSYWNOŚĆ OCHRONY ŁANU I NAWOŻENIA AZOTEM <i>Małgorzata Haliniarz, Dorota Gawęda, Ewa Kwiecińska-Poppe, Edyta Bernat</i>	36
7. THE USE OF PRECISION FARMING SYSTEMS IN POLAND AND SLOVAKIA <i>Krzysztof Kapela, Miroslav Prístavka, Pavol Findura</i>	37
8. DROGA DO ZRÓWNOWAŻONYCH NAWOZÓW: OGRANICZENIA I SZANSE DLA TECHNOLOGII ODZYSKU SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH <i>Monika Karsznia, Piotr Skowron, Damian Wach, Aleksandra Bibow, Agata Witorożec-Piechnik</i>	39
9. PRZEGLĄD NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANYCH TECHNOLOGII ODZYSKU SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH – ANALIZA PROJEKTU FERTITEC <i>Monika Karsznia, Piotr Skowron, Damian Wach, Aleksandra Bibow, Agata Witorożec-Piechnik</i>	41
10. STRATEGICZNE UWARUNKOWANIA WDRAŻANIA TECHNOLOGII ODZYSKU SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM <i>Monika Karsznia, Damian Wach, Piotr Skowron, Agata Witorożec-Piechnik, Aleksandra Bibow</i>	43
11. WPŁYW NAWOŻENIA AZOTEM I SIARKĄ NA ZAWARTOŚĆ I POBRANIE FOSFORU I KRZEMU PRZEZ BIOMASĘ PSZENICY JAREJ <i>Hanna Klikocka, Anna Podleśna, Janusz Podleśny</i>	45
12. FIZYCZNA METODA OCHRONY ROŚLIN JAKO BEZPIECZNA ALTERNATYWA DLA CHEMICZNYCH ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN <i>Marek Kopacki, Barbara Skwaryło-Bednarz</i>	47
13. ROLNICZE WYKORZYSTANIE POFERMENTU Z BIOGAZOWNI JAKO NAWOZU <i>Milan Koszel, Małgorzata Szwed, Przemysław Tkaczyk</i>	48
14. RYZYKO NARUSZENIA ŁAŃCUCHA CHŁODNICZEGO W DYSTRYBUCJI ŻYWNOŚCI OSTATNIEJ MILI – ANALIZA DANYCH TELEMATYCZNYCH <i>Maciej Kuboń, Kacper Ciapała</i>	50
15. WPŁYW SKŁADU GATUNKOWEGO RUNI ORAZ SPOSOBU UŻYTKOWANIA NA ZAWARTOŚĆ I STABILIZACJĘ WĘGLA ORGANICZNEGO W GLEBIE <i>Halina Lipińska, Kamila Adamczyk-Mucha, Ewelina Krukow, Mariusz Kulik, Wojciech Lipiński, Ewa Stamirowska-Krzaczek</i>	52
16. ZMIANY ZAWARTOŚCI AZOTU MINERALNEGO W GLEBIE NA TLE WARUNKÓW POGODOWYCH <i>Wojciech Lipiński, Halina Lipińska, Rafał Kornas</i>	54
17. ZRÓWNOWAŻONY TRANSPORT ŻYWNOŚCI JAKO ELEMENT ADAPTACJI SEKTORA ROLNO-SPOŻYWCZEGO DO ZMIAN KLIMATU <i>Urszula Malaga-Toboła</i>	56
18. CARBON SEQUESTRATION IN AGROECOSYSTEMS SOILS AS A CLIMATE CHANGE MITIGATION STRATEGY <i>Magdalena Myszura-Dymek, Grażyna Żukowska, Barbara Futa, Joanna Gmitrowicz-Iwan</i>	58
19. MONITORING NALOTU MSZYC Z WYKORZYSTANIEM ASPIRATORA JOHNSONA W WARUNKACH ZMIAN KLIMATU <i>Kamila Roik, Wojciech Kubasik, Marcin Baran</i>	59

20. WPŁYW SYSTEMU UPRAWY ROLI I STOSOWANIA ŻYTNIEGO WYWARU GORZELNIANEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY PO ZBIORZE PSZENICY OZIMEJ <i>Hubert Rusecki, Piotr Kraska, Sylwia Andruszczak, Ewa Kwiecińska-Poppe</i>	60
21. WPŁYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO I WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA ZAWARTOŚĆ I JAKOŚĆ BIAŁKA NASION AMARANTUSA <i>Barbara Skwaryło-Bednarz, Marek Kopacki, Agnieszka Jamiołkowska, Weronika Kursa</i>	62
22. WPŁYW TYTANITU I STYMJODU NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MAKROELEMENTÓW W SUCHEJ MASIE TRAW <i>Jacek Sosnowski, Milena Truba, Elżbieta Malinowska, Piotr Krasnodębski</i>	63
23. BIOSTYMULATORY POCHODZENIA ROŚLINNEGO JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE ROZWÓJ I ODPORNOŚĆ SOI W ZRÓWNOWAŻONYM ROLNICTWIE <i>Magdalena Sozoniuk, Michał Świeca, Andrea Bohatá, Jan Bedrniček, František Lorenc, Markéta Jarošová, Sławomir Kocira</i>	64
24. OCENA TOLERANCJI SUSZY STAREGO GENOTYPU GROCHU NA PODSTAWIE PARAMETRÓW FIZJOLOGICZNYCH I CECH PRODUKCYJNYCH <i>Mariola Staniak, Anna Stępień-Warda, Katarzyna Czopek, Jarosław Stalenga</i>	65
25. INTERAKCJA CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH I AGROTECHNICZNYCH W KSZTAŁTOWANIU WZROSTU, ROZWOJU ORAZ POTENCJAŁU PLONOTWÓRCZEGO ULTRAWCZESNEJ ODMIANY KUKURYDZY (<i>ZEAMAYS L.</i>) <i>Piotr Szulc</i>	67
26. AGROTECHNICZNE DETERMINANTY ROZWOJU MORFOLOGICZNEGO I PLONOWANIA KUKURYDZY (<i>ZEAMAYS L.</i>) <i>Piotr Szulc</i>	69
27. INTERAKCJA CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH I AGROTECHNICZNYCH W KSZTAŁTOWANIU WZROSTU, ROZWOJU ORAZ POTENCJAŁU PLONOTWÓRCZEGO ULTRAWCZESNEJ ODMIANY KUKURYDZY (<i>ZEAMAYS L.</i>) <i>Piotr Szulc</i>	71
28. WYSTĘPOWANIE GRZYBÓW ENTOMOPATOGENICZNYCH W GLEBACH Z WYBRANYCH SIEDLISK W SYSTEMIE AGROLEŚNYM <i>Cezary Tkaczuk, Anna Majchrowska-Safaryan, Paweł Perciński</i>	73
29. OCENA SKUTECZNOŚCI INNOWACYJNEJ METODY HIGIENIZACJI ODPADÓW ORGANICZNYCH PRZEZNACZONYCH DO WYKORZYSTANIA W NAWOŻENIU <i>Damian Wach, Piotr Skowron, Monika Karsznia</i>	75
30. OCENA WARTOŚCI AGRONOMICZNEJ PELETYZOWANEGO POFERMENTU POCHODZENIA ROŚLINNEGO W UPRAWIE KUKURYDZY <i>Damian Wach, Piotr Skowron, Monika Karsznia</i>	77
31. STRUWIT I ROZTWÓR SIARCZANU AMONU ODZYSKANE Z ODPADÓW ORGANICZNYCH JAKO NAWOZY W UPRAWIE PSZENICY I KUKURYDZY <i>Damian Wach, Piotr Skowron, Monika Karsznia</i>	79
32. DYNAMIKA WYSTĘPOWANIA ORAZ ZNACZENIE GOSPODARCZE CHOWACZY (<i>CEUTORHYNCHUS SPP.</i>) W UPRAWIE RZEPAKU OZIMEGO NA TLE ZMIAN ŚRODOWISKOWYCH W OSTATNICH LATACH <i>Katarzyna Waszak, Jacek Broniarz, Tomasz Lenartowicz, Piotr Szulc</i>	81
33. PLONOWANIE I EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA PRODUKCJI PSZENICY W POLSCE W LATACH 1995–2024 W WARUNKACH ZMIAN KLIMATYCZNYCH I WZROSTU KOSZTÓW PRODUKCJI <i>Izabela Wielewska, Edward Wilczewski</i>	83

**ZMIANY KLIMATYCZNE JAKO WYZWANIA DLA NAUKI, DORADZTWA
I PRAKTYKI ROLNICZEJ W POLSCE**

STANISŁAW KRASOWICZ, MARIUSZ MATYKA

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach**24 – 100 Puławy, ul. Czartoryskich 8*

e-mail: sk@iung.pulawy.pl; mmatyka@iung.pulawy.pl

Zmiany klimatyczne i ekstremalne zjawiska pogodowe wywierają coraz większą presję na środowisko i rolnictwo stanowiąc jedno z kluczowych wyzwań współczesnej gospodarki (Zbiorowa, 2024). Z badań IUNG – PIB (Kozyra J., Matyka M. 2024) wynika, że bez odpowiedniego dostosowania rolnictwa do zmiany klimatu straty mogą być znacząco większe w porównaniu do sytuacji, gdy wdrożone zostaną strategiczne działania adaptacyjne. Pojęcie adaptacji do zmian klimatu jest obecnie nadużywane i utożsamiane z większością innowacji. Prawidłowa definicja adaptacji odnosi się do działań, które zmniejszają ryzyko negatywnego wpływu zmiany klimatu na plonowanie upraw obecnie i w przyszłości. Rolnictwo w Europie, w tym również w Polsce, już obecnie odczuwa skutki zmian klimatu, które wpływają na plonowanie i strukturę zasiewów, a pośrednio także na efektywność produkcji rolniczej (roślinnej i zwierzęcej). Celem opracowania jest wskazanie, że zmiany klimatyczne są wyzwaniem i wyznacznikiem działań, które powinny być podejmowane przez naukę, doradztwo i praktykę rolniczą w Polsce.

Podstawowe źródła informacji stanowiły sprawozdania z działalności badawczej, wdrożeniowej i upowszechnieniowej oraz prezentacje i publikacje, zarówno opracowane w IUNG – PIB, jak i w innych ośrodkach naukowych oraz dane GUS. Adaptacja rolnictwa do zmian klimatu jest jednym z priorytetów polityki Unii Europejskiej. Nowa strategia adaptacji do roku 2050, przyjęta przez Komisję Europejską obejmuje m. in. Systemowe podejście do zarządzania wodą, glebą i produkcją zwierzęcą. Dokument ten wskazuje kierunki działań w krajach członkowskich UE, w tym również w Polsce. Uwarunkowania środowiskowe (glebowe i klimatyczne) oraz organizacyjno – ekonomiczne decydują o wydajności i sytuacji ekonomicznej polskiego rolnictwa.

Cechą charakterystyczną polskiego rolnictwa jest zróżnicowanie według regionów i grup gospodarstw (Matyka i inni, 2024). Nie można zatem oferować doradztwu i praktyce ujednoliconych zasad i metod adaptacji rolnictwa do zmian klimatu. Relacja między środowiskiem przyrodniczym a rolnictwem ma charakter sprzężenia zwrotnego. Sposób gospodarowania w rolnictwie determinuje stan środowiska. Obniżenie jakości zasobów środowiskowych powoduje pogorszenie efektów działalności rolniczej w kolejnych okresach. Zmiany obu elementów tego układu mają zazwyczaj charakter długookresowy. To wskazuje, że relacje między środowiskiem a rolnictwem wymagają ciągłej obserwacji i oceny.

Na relacje rolnictwa i zmian klimatu, jako jednego z elementów środowiska przyrodniczego można spojrzeć w sposób wieloaspektowy. (Kundzewicz i Kozyra, 2011) stwierdzili, że rolnictwo można uznać za ofiarę, beneficjenta oraz współsprawcę zmian klimatu, a także sprzymierzeńca w przeciwdziałaniu tym zmianom. Wspieranie adaptacji rolnictwa do zmian klimatu jest wyzwaniem i przesłanką zadań dla nauki, doradztwa i praktyki rolniczej w Polsce. Takie systemowe podejście powinno sprzyjać obiektywizacji ocen i zwiększać skuteczność oddziaływania. Podejmowane działania wspierające adaptację, muszą być efektem partnerskiej współpracy nauki, doradztwa i praktyki rolniczej.

Za najważniejsze zadania dla nauki uznać należy:

- ocenę zmian klimatycznych w długim okresie;
- opracowanie modeli i scenariuszy zmian klimatu;
- wskazywanie zagrożeń i niezbędnych form wsparcia;
- analizę i ocenę skali zmian oraz zasięgu zagrożeń dla rolnictwa i społeczeństwa;

- wskazanie sposobów łagodzenia negatywnych skutków zmian klimatu dla środowiska;
- opracowanie i weryfikację nowych, innowacyjnych rozwiązań (systemów organizacji, produkcji, technik i technologii) dostosowanych do zróżnicowania regionalnego polskiego rolnictwa i specyfiki funkcjonowania różnych grup gospodarstw;
- kształtowanie świadomości społeczeństwa dotyczącej zmian klimatycznych i ich wpływu na różne sfery gospodarki i życia;
- inicjowanie i wspieranie badań interdyscyplinarnych;
- szeroką, wielopłaszczyznową działalność popularyzatorską i upowszechnieniową, skierowaną do różnych grup społeczeństwa;
- partnerską współpracę z doradztwem.

Główne zadania dla doradztwa rolniczego, wspierającego procesy adaptacji rolników do zmian klimatu to:

- upowszechnianie informacji o zmianach klimatu, ich przyczynach i skutkach oraz systemach wsparcia finansowego i kierunkach działalności szkoleniowej z wykorzystaniem nowoczesnych metod transferu wiedzy;
- wskazanie sposobów adaptacji rolnictwa do zmian, dostosowanych do warunków przyrodniczych i organizacyjno – ekonomicznych regionów i grup gospodarstw;
- wdrażanie systemów gospodarowania, technik i technologii produkcji przyjaznych dla środowiska, chroniących gleby, wody i powietrze;
- stały nadzór nad wdrożeniami rozwiązań łagodzących niekorzystne skutki zmian klimatu;
- organizowanie seminariów, konferencji, szkoleń.

Natomiast w gospodarstwach (przedsiębiorstwach) rolnych za najważniejsze zadania uznać należy:

- ocenę sytuacji i efektów produkcyjnych gospodarstwa oraz możliwości wprowadzania zmian w zakresie organizacji, technologii produkcji;
- pogłębianie wiedzy o zmianach klimatycznych i istniejących systemach wsparcia finansowego (rekompensat);
- wykorzystanie nowych wersji systemów doradztwa technologicznego i organizacyjno – ekonomicznego
- stałe monitorowanie wpływu zastosowanych rozwiązań na środowisko przyrodnicze i efekty ekonomiczne gospodarstwa;
- prowadzenie audytu z wykorzystaniem kalkulatorów klimatycznych do oceny poziomu emisji i sekwestracji węgla na poziomie gospodarstwa;
- dostrzeganie i ograniczanie zagrożeń dla wód, powietrza, gleb poprzez odpowiednie systemy zarządzania i podejmowania decyzji.

Przewidywane korzyści ze współpracy nauki, doradztwa i praktyki rolniczej w zakresie adaptacji rolnictwa do zmian klimatu to:

- poszerzenie i obiektywizacja oraz kompleksowość ocen;
- wspieranie decyzji na różnych poziomach zarządzania rozwoju rolnictwa;
- tworzenie i weryfikacja modeli i wzorców opartych na wielu kryteriach;
- większa skuteczność oddziaływania nauki na doradztwo i praktykę oraz nauki i doradztwa jako systemu wspierania decyzji społeczeństwa.

Podsumowanie

Wspieranie i realizacja procesów adaptacji rolnictwa do zmian klimatu są ważnymi, ale trudnymi, wyzwaniami dla nauki, doradztwa i praktyki rolniczej. Wyzwania te wymagają realizacji szeregu zadań w ramach partnerskiej współpracy poszczególnych ogniw systemu, uwzględniającej poziom rolnictwa w kraju oraz specyfikę różnych grup gospodarstw i regionalne zróżnicowanie rolnictwa. Realizacja tych zadań wymaga stałego pogłębiania wiedzy i aktualizacji istniejących

zasobów informacji. Celowe jest również stałe doskonalenie i usprawnianie transferu wiedzy do doradztwa i praktyki rolniczej.

Literatura

1. Kozyra J., Matyka M.: Presja zmian klimatycznych, ekstremalne zjawiska pogodowe a środowisko i rolnictwo. MRiRW, Warszawa 2025.
2. Kundzewicz Z., Kozyra J.: Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich w Polish Journal of Agronomy, 2017, 7, 68 – 81.
3. Matyka M., Krasowicz S., Madej A.: (2024): Zmiany w produkcji rolniczej na tle uwarunkowań przyrodniczych i polityki Unii Europejskiej W: Chmieliński P., Gorzelak G., (red.) Polska wieś i polskie rolnictwo 20 lat w Unii Europejskiej (s 251 -270) IRWiR PAN Warszawa.
4. Zbiorowa, pod red. W. Wrzaszcz i M. Wigiera. Środowiskowo – klimatyczne uwarunkowania rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce w latach 2004 – 2030, IERiGŻ – PIB, Warszawa (2024). Studia i Monografie z 201 ss. 202.

FITOMELIORACJA W KSZTAŁTOWANIU ODPORNOŚCI AGROEKOSYSTEMÓW NA ZMIANY KLIMATU

ELŻBIETA MALINOWSKA

*Uniwersytet w Siedlcach, Wydział Nauk Rolniczych, Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, ul. Prusa 1, 08-110 Siedlce
e-mail: elzbieta.malinowska@uws.edu.pl*

Zjawisko globalnego ocieplenia postępuje w Polsce znacznie szybciej niż wskazuje na to średnia światowa. W ostatnich dekadach tempo wzrostu temperatury w naszym kraju wyniosło niemal $0,28^{\circ}\text{C}$ na 10 lat. Zmiany te wykazują silną asymetrię sezonową – najszybciej ocieplają się zimy oraz wiosny. Wydłużenie sezonu wegetacyjnego o około 30 dni stwarza wprowadzić nowe możliwości, takie jak uprawa roślin ciepłolubnych i rozwój winiarstwa, ale jednocześnie niesie ze sobą ryzyko wystąpienia tak zwanego paradoksu wiosennych przymrozków. Wcześniejsze rozpoczęcie wegetacji drastycznie zwiększa podatność niektórych roślin na nagłe, niszczyielskie spadki temperatur, co szczególnie uderza w polskie sadownictwo. Równolegle, rolnictwo zmagą się z poważnymi zaburzeniami bilansu wodnego. Mimo relatywnie stałej sumy rocznej opadów, diametralnie zmienia się ich struktura. Powszechne stają się intensywne opady przeplatane z długotrwałymi suszami. Dodatkowo zanika trwała pokrywa śnieżna, co powoduje niedobory wody w glebie już wczesną wiosną. Wzrost temperatur potęguje też zjawisko ewapotranspiracji – woda w błyskawicznym tempie paruje z pól, co prowadzi do drastycznego wzrostu zasięgu susz rolniczych.

W odpowiedzi na rosnące problemy klimatyczne i degradację gleb, konieczna jest fitomelioracja – odtworzenie biologicznej struktury krajobrazu rolniczego. Wieloletnie dążenie do maksymalizacji zysków, owocujące tworzeniem ogromnych monopowierzchni i usuwaniem miedz oraz zadrzewień, osłabiło naturalne zdolności buforowe środowiska. Nadmierny rozwój jednolitych powierzchni uprawnych kosztem lasów i trwałych użytków zielonych prowadzi do poważnych zaburzeń w ekosystemie. Fitomelioracja oraz nowoczesne podejście do melioracji (zorientowane na retencjonowanie wody, a nie wyłącznie jej odprowadzanie) stanowią jedyną trwałą formę ochrony.

Zadrzewienia na terenach wiejskich przestały być traktowane jako "nieużytki" – stanowią dziś fundament zielonej infrastruktury, zapewniając bezcenne usługi ekosystemowe. Do ich zachowania i kształtowania zobowiązuje polskie i unijne prawo (m.in. wymogi Wspólnej Polityki Rolnej, ochrona wód). Najważniejsze usługi ekosystemowe to:

- zaopatrzeniowe: dostarczają surowców takich jak drewno opałowe, owoce dziko rosnące, materiały zielarskie czy pożytki pszczele.
- regulacyjne: poprawiają mikroklimat ograniczając ewapotranspirację, wiążą dwutlenek węgla z atmosfery (pełniąc funkcję mitygacyjną), hamują porywiste wiatry oraz oczyszczają spływające z pól wody opadowe.
- wspomagające i kulturowe: stanowią ostoję dla bioróżnorodności, wspierają populacje owadów zapylających i naturalnych wrogów szkodników, a ponadto budują estetyczny, tradycyjny krajobraz podnoszący jakość życia ludności.

Rozwój zielonej infrastruktury nie powinien być przypadkowy. Wymaga on rzetelnego, perspektywicznego planowania, najlepiej na poziomie całej gminy. Dobór gatunków i formy przestrzennej zależy ściśle od wiodącej funkcji danego nasadzenia. W planowaniu należy bezwzględnie unikać gatunków inwazyjnych obcego pochodzenia (takich jak dąb czerwony czy robinia akacjowa). Preferowane są gatunki rodzime. Perspektywicznym krokiem w adaptacji rolnictwa jest również powrót do tzw. systemów rolno-leśnych (agroleśnictwa) – czyli łączenia na tym samym areale upraw rolnych z rzędami drzew, lub łączenia wypasu zwierząt z ochroną, jaką daje im cień wysokich drzew. Podejście to optymalizuje produkcję i drastycznie zwiększa dobrostan zwierząt hodowlanych.

Obowiązek utrzymania zadrzewień i ich rozwój wynika bezpośrednio z polskiego prawa (Ustawa o ochronie przyrody) oraz polityki unijnej (Wspólna Polityka Rolna). Zadrzewienia są kluczowym narzędziem wspieranym w ramach strategii adaptacji do zmian klimatu oraz ochrony różnorodności biologicznej.

Podsumowując, fitomelioracja powinna stanowić nieodłączny element nowoczesnej, integralnej gospodarki wodno-rolnej. Właściwie zaprojektowana, oparta na lokalnych uwarunkowaniach, pozwala zachować żyzność gleb, ustabilizować stosunki wodne i urozmaicić zubożały krajobraz rolniczy.

ZAGROŻENIE UPRAW PRZEZ CHWASTY W DOBIE ZMIAN KLIMATYCZNYCH

KINGA MATYSIAK, ROMAN KRAWCZYK, ROMAN KIERZEK

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań

e-mail: K.Matysiak@iorpib.poznan.pl

W ostatnich dekadach obserwuje się wyraźne przeobrażenia w składzie gatunkowym chwastów zasiedlających agroekosystemy. Zmiany te są związane nie tylko z intensyfikacją rolnictwa i postępowaniem agrotechnicznym, ale również z postępującymi zmianami klimatycznymi, które coraz silniej oddziałują na funkcjonowanie ekosystemów rolniczych. Przewiduje się, że wraz ze wzrostem średnich temperatur powietrza oraz zmianami w rozkładzie opadów klimat stanie się jednym z najważniejszych czynników wpływających na rozmieszczenie geograficzne chwastów oraz ich udział w zachwaszczeniu upraw. Aktualne prognozy klimatyczne wskazują, że w najbliższych dekadach wiele gatunków chwastów będzie stopniowo przesuwano swoje zasięgi w kierunku północnej części Europy, a w agrocenozach coraz częściej pojawiać się będą gatunki charakterystyczne dla obszarów o cieplejszym klimacie. Podwyższanie się średnich temperatur sprzyja rozprzestrzenianiu się gatunków termofilnych, dobrze przystosowanych do warunków wysokiej temperatury i okresowych niedoborów wody. Do chwastów ciepłolubnych powszechnie spotykanych w Polsce zalicza się między innymi *Amaranthus retroflexus*, *Galinsoga parviflora* oraz *Echinochloa crus-galli*. Coraz częściej obserwowane są jednak również gatunki, które jeszcze do niedawna występowały jedynie lokalnie lub sporadycznie. Dotyczy to zarówno chwastów inwazyjnych, takich jak *Abutilon theophrasti* czy *Datura stramonium*, jak i licznych gatunków jednoliściennych należących do rodzajów *Setaria* i *Digitaria* oraz gatunku *Sorghum halepense*. Szczególnie duże znaczenie przypisuje się chwastom typu C4, które dzięki większej wydajności fotosyntezy w warunkach wysokiej temperatury oraz ograniczonej dostępności wody mogą osiągać przewagę konkurencyjną nad wieloma roślinami uprawnymi i rodzimymi gatunkami chwastów. Przekształcenia zachwaszczenia dotyczą nie tylko zmian liczebności poszczególnych gatunków, ale również przebudowy całych zbiorowisk segetalnych. Wśród głównych przyczyn tych zmian wymienia się rozszerzanie lub ograniczanie zasięgów występowania gatunków, modyfikację ich nisz ekologicznych oraz zmiany cech biologicznych umożliwiające lepsze przystosowanie do nowych warunków środowiskowych.

Wpływ zmian klimatycznych na zachwaszczenie może mieć charakter bezpośredni oraz pośredni. Bezpośrednie oddziaływanie związane jest przede wszystkim ze wzrostem temperatury i zmianami przebiegu opadów atmosferycznych. Łagodne zimy sprzyjają przeżywaniu wielu chwastów jednoliściennych, natomiast gorące lata oraz wydłużający się okres wegetacyjny stwarzają korzystne warunki dla rozwoju gatunków ciepłolubnych. Wydłużenie sezonu wegetacyjnego może dodatkowo powodować wcześniejsze kiełkowanie chwastów, szybsze osiągnięcie dojrzałości generatywnej oraz zwiększenie liczby pokoleń niektórych gatunków w ciągu jednego roku. Zmiany klimatu wiążą się również ze wzrostem częstotliwości występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak długotrwałe susze, gwałtowne opady, burze czy okresowe fale mrozów. Czynniki te zaburzają stabilność agroekosystemów i prowadzą do zwiększenia presji selekcyjnej na organizmy roślinne. W konsekwencji największe szanse przetrwania uzyskują gatunki charakteryzujące się wysoką plastycznością fenotypową, dużą zmiennością genetyczną oraz zdolnością do szybkiej adaptacji do zmieniających się warunków środowiskowych. Pośredni wpływ zmian klimatu na zachwaszczenie jest ściśle związany z koniecznością modyfikacji praktyk rolniczych. W celu utrzymania stabilnego poziomu plonowania producenci rolni zmuszeni są do zmiany terminów siewu, doboru odmian, sposobów uprawy gleby, systemów nawadniania oraz płodozmianów. Chwasty bardzo szybko reagują na tego rodzaju zmiany agrotechniczne, często wykazując większe zdolności adaptacyjne niż rośliny uprawne. Z tego względu mogą one jeszcze skuteczniej konkurować z roślinami uprawnymi o wodę, światło i składniki pokarmowe.

W przyszłości może okazać się, że obecnie stosowane strategie ochrony herbicydowej nie będą w pełni skuteczne w warunkach zmieniającego się klimatu. Badania wskazują, że wyższe temperatury, zwiększone stężenie dwutlenku węgla oraz częstsze występowanie stresu suszy mogą wpływać zarówno na fizjologię chwastów, jak i na skuteczność działania herbicydów, sprzyjając jednocześnie rozwojowi odporności chwastów na środki chemiczne. W związku z tym coraz większego znaczenia nabiera integrowana ochrona roślin, oparta nie tylko na metodach chemicznych, ale również na działaniach mechanicznych, biologicznych oraz odpowiednio dostosowanych praktykach agrotechnicznych.

ALLERGENIC AND INVASIVE PLANTS IN HUNGARYVIKTOR JÓZSEF VOJNICH¹, DONÁT MAGYAR²¹*University of Szeged, Faculty of Agriculture, Hódmezővásárhely, Hungary*²*National Center for Public Health and Pharmacy, Budapest, Hungary*

Invasive species can cause not only major problems in nature conservation, forestry and agriculture, but also significant human health and economic impacts. In this presentation, we briefly introduce several invasive plant species that are already present in Hungary: *Ambrosia artemisiifolia* (AMBEL), *Ailanthus altissima* (AILAL), *Humulus japonicus* (HUMJA), *Acer negundo* (ACRNE), *Iva xanthiifolia* (IVAXA), *Xanthium italicum* (XANSI), *Xanthium strumarium* (XANST), *Xanthium spinosum* (XANSP), *Solidago gigantea* (SOOGI), *Solidago canadensis* (SOOCA), *Conyza canadensis* (ERICA), *Sorghum halepense* (SORHA), *Celtis occidentalis* (CETOC), *Elaeagnus angustifolia* (ELGAN), *Amorpha fruticosa* (AMHFR), and *Robinia pseudoacacia* (ROBPS).

Among these species, AMBEL causes particularly substantial public health and agricultural damage. It is a wind-pollinated allergenic plant that produces large quantities of pollen and is also a difficult-to-control weed in sunflower fields. AILAL and HUMJA are also allergenic, although their public health significance is lower; their importance is more strongly related to the economic damage they can cause in the built environment. IVAXA, XANSI, XANST, XANSP, SOOGI, SOOCA and ERICA are related to AMBEL and may also cause allergic sensitization, although generally to a lesser extent. IVAXA and XANSI, XANST, and XANSP are wind-pollinated, and consequently their airborne pollen levels can be higher than those of the other species in this group.

The distribution of wind-pollinated invasive plants can also be investigated using aerobiological data when their pollen grains can be identified based on morphology. This is possible for AMBEL, AILAL and IVAXA, whereas XANSI, XANST, XANSP, and HUMJA species cannot be distinguished at species level in routine aerobiological samples. SORHA is also wind-pollinated and allergenic; however, its pollen grains cannot be distinguished from those of other *Poaceae*, and therefore its distribution cannot be inferred from aerobiological data. CETOC is also wind-pollinated, but relatively little information is available on its allergenicity.

The invasiveness of CETOC may even represent an advantage in some urban environments, as it is one of the relatively few tree species capable of tolerating harsh urban conditions. ELGAN may also provide useful functions outside areas of conservation importance, for example through soil stabilization and by providing resources for pollinators. Finally, AMHFR and ROBPS have proved particularly useful in certain habitats as soil-stabilizing, nitrogen-fixing and melliferous species.

Successful management of invasive alien plants requires a thorough understanding of the biological characteristics of the species concerned, their potential pathways of spread in a new environment, and their expected impacts on the recipient ecosystem.

Early detection of newly arriving non-native species and prevention of their further spread are particularly important. This requires not only extensive research, international exchange of information and the development of databases, but also effective communication with organizations and professionals who may encounter invasive species, including those working in forestry, agriculture and horticulture, as well as with the general public.

PROBLEMY ROLNICTWA – ADAPTACJA AGROFAGÓW DO ZMIAN KLIMATYCZNYCHMARCIN BARAN^{1*}, ANNA TRATWAL¹, KAMILA ROIK¹¹*Instytut Ochrony Roślin- Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Monitorowania i Sygnalizacji Agrofagów*

*e-mail: m.baran@iorpib.poznan.pl

W sezonie wegetacyjnym 2026 szczególną uwagę poświęcono obserwacji zjawisk charakterystycznych dla bieżącego roku, z uwzględnieniem wpływu fluktuacji warunków pogodowych oraz występowania zjawisk anormalnych na rozwój agrofagów i kondycję upraw rolniczych. Prowadzony monitoring koncentrował się na identyfikacji zmian w dynamice występowania organizmów szkodliwych, w tym gatunków pojawiających się masowo w wyniku sprzyjających warunków środowiskowych, a także organizmów, które dotychczas nie miały istotnego znaczenia gospodarczego lub występowały jedynie lokalnie - łanocha pobrzecz, błyszczka jarzynówka, dumek jałowcowy.

Przebieg sezonu wegetacyjnego charakteryzował się znaczną zmiennością warunków meteorologicznych. W wielu regionach kraju odnotowano liczne epizody przymrozków występujących zarówno w okresie wczesnowiosennym, jak i po rozpoczęciu intensywnej wegetacji roślin. Dodatkowo obserwowano duże, dobowe oraz kilkudniowe wahania temperatury powietrza, które negatywnie wpływały na tempo wzrostu i rozwoju roślin uprawnych. W konsekwencji w wielu gospodarstwach stwierdzano uszkodzenia mrozowe, zahamowanie wzrostu roślin oraz lokalne przerzedzenie plantacji, co mogło prowadzić do obniżenia potencjału plonotwórczego. Niestabilne warunki pogodowe miały również istotny wpływ na prowadzenie zabiegów ochrony roślin. Częste występowanie niskich temperatur ograniczało możliwość wykonywania zabiegów w optymalnych terminach oraz wpływało na skuteczność stosowanych środków ochrony roślin. W szczególności substancje czynne przeznaczone do stosowania we wczesnych fazach rozwojowych upraw wykazywały obniżoną aktywność biologiczną w warunkach niskiej temperatury, co mogło skutkować niewystarczającym ograniczeniem rozwoju chorób, chwastów i szkodników. W wielu przypadkach zachodziła konieczność modyfikacji strategii ochrony roślin, dostosowania terminów zabiegów do aktualnych warunków atmosferycznych oraz prowadzenia intensywniejszego monitoringu plantacji w celu właściwego określenia momentu przekroczenia progów ekonomicznej szkodliwości. Zaobserwowane warunki pogodowe oraz ich wpływ na rozwój upraw i organizmów szkodliwych potwierdziły konieczność prowadzenia systematycznego monitoringu fitosanitarnego oraz bieżącej analizy sytuacji polowej. Uzyskane wyniki stanowią cenne źródło informacji do doskonalenia systemów sygnalizacji zagrożeń oraz opracowywania zaleceń dotyczących integrowanej ochrony roślin, uwzględniających zmieniające się warunki klimatyczne oraz rosnącą zmienność przebiegu sezonów wegetacyjnych.

SYSTEMY ZARZĄDZANIA GOSPODARSTWEM ROLNYM W POLSCEMARIUSZ HOLUK¹¹*Rodzinne Gospodarstwo Rolne, Myców 1, 22-540 Dolhobyczów*

e-mail: gr.mycow@gmail.com

Rolnictwo od kilku lat przechodzi dynamiczną transformację. Wyzwania, które czekają współczesne gospodarstwa rolne to niekorzystnymi warunkami pogodowymi, potrzebą zwiększania wydajności pracy przy ograniczaniu zasobów, czy zminimalizowania kosztów produkcji. Pomocne mogą okazać się nowoczesne technologie, takie jak: sztuczna inteligencja (AI, ang. Artificial Intelligence), Internet rzeczy (IoT, ang. Internet of Things), platformy do monitorowania upraw wspierające rolnictwo precyzyjne m.in. automatyzacja i robotyka, nawigacja satelitarna i systemy teleinformatyczne, czy drony rolnicze).

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości Systemu Zarządzania Gospodarstwem (FMS, ang. Farm Management System) oraz aplikacji komputerowych do satelitarnego monitorowania upraw na potrzeby oceny stanu ładu i plonowania roślin na przykładzie własnego gospodarstwa rolnego w województwie lubelskim.

FSM to system informatyczny służący do zarządzania gospodarstwem rolnym określany jako: platforma cyfrowa dla gospodarstwa, program do ewidencji zabiegów agrotechnicznych, czy system wspomagania decyzji w rolnictwie. Umożliwia planowanie produkcji rolnej, ewidencję i dokumentowanie prac, monitorowanie upraw i warunków środowiskowych, kontrolę kosztów i efektywności, spełnianie wymogów formalnych i jakościowych, czy podejmowanie lepszych decyzji agronomicznych i ekonomicznych.

Informacje dostarczane z pól uprawnych to przyszłość rolnictwa, która opiera się na coraz większej integracji cyfrowych danych oraz zaawansowanych technologii, które umożliwią podejmować trafne decyzje dotyczące ochrony roślin, nawożenia i zwalczania szkodników, jednocześnie zmniejszając wpływ rolnictwa na środowisko. Jednak wykorzystanie tych zalet w danym gospodarstwie rolnym będzie zależało indywidualnie od potencjału każdego gospodarstwa pod względem ekonomii. Wadą systemu FMS jest konieczność znajomości obsługi komputera oraz umiejętne korzystanie z aplikacji komputerowych.

Rolnictwo precyzyjne to podejście do zarządzania gospodarstwem, które wykorzystuje technologię informacyjną, aby zapewnić roślinom uprawnym dokładnie to, czego potrzebują dla optymalnego wzrostu i plonowania. Zaawansowane technologie stosowane w nowoczesnym gospodarstwie, to rolnictwo: satelitarne, zoptymalizowane, dostosowane do konkretnych warunków środowiskowo-glebowych (ang. SSCM, site specific crop management). Maszyny rolnicze wyposażone w system GNSS czy wykorzystanie aplikacji komputerowych do satelitarnego monitorowania upraw, stanowią wprowadzenie do tematyki związanej z rolnictwem precyzyjnym.

Opracowanie może stanowić materiał pomocniczy, osobom, które planują wdrożyć nowoczesne rozwiązania satelitarnego monitorowania upraw w swoich gospodarstwach rolnych.

Słowa kluczowe: FMS, rolnictwo precyzyjne, systemy satelitarne GNSS, wskaźnik NDVI.

**SZTUCZNA INTELIGENCJA JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE W OCHRONIE
ROŚLIN – WSTĘPNE WYNIKI PROJEKTU „INTELIGENTNY SYSTEM
ROZPOZNAWANIA NIEPOŻĄDANYCH ZJAWISK NA PLANTACJACH”**

WOJCIECH KUBASIK*, MARCIN BARAN, ANNA TRATWAL

*Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu, Zakład Monitorowania i Sygnalizacji Agrofagów,
ul. W. Węgorka 20, 60-318 Poznań*

*e-mail: W.Kubasik@iorpib.poznan.pl

Współczesne rolnictwo w Polsce przechodzi proces dynamicznych przemian technologicznych i organizacyjnych, jednocześnie mierząc się z szeregiem nowych wyzwań. Wśród nich szczególne znaczenie mają zmniejszająca się liczba pracowników sektora rolnego oraz rosnąca koncentracja gruntów rolnych. Zjawiska te powodują, że bieżący monitoring stanu wielkohektarowych upraw staje się coraz bardziej pracochłonny i kosztowny, a niekiedy wręcz niewykonalny. W warunkach zmieniającego się klimatu, nasilającej się presji agrofagów oraz konieczności optymalizacji produkcji rolniczej, istotnego znaczenia nabiera wdrażanie nowoczesnych technologii umożliwiających szybkie wykrywanie i identyfikację niepożądanych zjawisk na plantacjach. Takie możliwości stwarza połączenie systemów inteligentnego rozpoznawania zagrożeń z autonomicznymi maszynami polowymi.

Poniżej prezentowane są wyniki realizacji I fazy projektu „Inteligentny system rozpoznawania niepożądanych zjawisk na plantacjach” (SYSTROP).

Najważniejszym rezultatem Fazy I było stworzenie kompletnej infrastruktury danych i demonstratora systemu wykorzystującego sztuczną inteligencję do monitorowania upraw. Powstała zweryfikowana przez ekspertów baza obejmująca ponad 12 tys. opisanych próbek obrazowych trzech gatunków roślin: buraka cukrowego, kukurydzy i jęczmienia. Zbiór zawiera zarówno rośliny zdrowe, jak i porażone przez choroby, szkodniki oraz poddane stresom środowiskowym. Dane zostały ujednolicone pod względem technicznym, zanonimizowane oraz przygotowane do wykorzystania w procesach uczenia maszynowego. Opracowano również standard anotacji obejmujący gatunki roślin, fazy rozwojowe BBCH, choroby, szkodniki i chwasty. W ramach rozwoju systemu sztucznej inteligencji kolejnym kluczowym rezultatem było opracowanie demonstratora systemu detekcji (Proof of Concept), wykorzystującego nowoczesne algorytmy głębokiego uczenia, w tym modele konwolucyjne i architektury typu YOLO. System umożliwia:

- identyfikację roślin uprawnych,
- wykrywanie chwastów,
- rozpoznawanie objawów chorób i obecności szkodników,
- ocenę stanu zdrowotnego plantacji,
- generowanie danych wspomagających decyzje agrotechniczne.

Przeprowadzone testy potwierdziły możliwość pracy systemu w warunkach polowych oraz jego integracji z maszynami rolniczymi. Uzyskano czasy analizy rzędu około 50 ms, a skuteczność wybranych modeli klasyfikacyjnych osiągała poziom 87-99%.

W ramach monitoringu upraw prowadzonego głównie w Wielkopolsce i na Podkarpaciu udokumentowano ponad tysiąc unikalnych obserwacji dla każdego z analizowanych gatunków. Wśród najważniejszych zagrożeń odnotowanych podczas sezonu 2025 znalazły się:

- jęczmień jary: plamistość siatkowa, mączniak prawdziwy, rdza jęczmienia oraz żółta karłowatość jęczmienia (BYDV),
- burak cukrowy: chwościk buraka, brunatna plamistość liści, zgorzel siewek oraz skośnik buraczak,
- kukurydza: ploniarka zbożówka, omacnica prosowianka, głownia guzowata oraz fuzarioza kolb.

Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość budowy systemu wspierającego rolnictwo precyzyjne poprzez automatyczne rozpoznawanie niepożądanych zjawisk na plantacjach oraz integrację z maszynami wykonującymi zabiegi agrotechniczne. System może w przyszłości umożliwiać tworzenie map aplikacyjnych, lokalne sterowanie narzędziami roboczymi i ograniczenie zużycia środków ochrony roślin.

Faza I projektu zakończyła się pełnym sukcesem. Utworzono wysokiej jakości bazę danych, opracowano demonstrator systemu AI, zintegrowano platformę sprzętową i przeprowadzono pierwsze testy terenowe. Osiągnięte rezultaty stanowią solidną podstawę do realizacji kolejnych etapów projektu, które będą obejmowały rozszerzenie zbiorów danych, rozwój modeli AI, wykorzystanie danych multispektralnych oraz pełną integrację systemu z maszynami rolniczymi pracującymi w czasie rzeczywistym.

CZY ROLNICTWO REGENERATYWNE TO PANACEUM NA ZMIANY KLIMATU?

MAREK MARKS

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa,
Katedra Agroekosystemów i Ogrodnictwa, Pl. Łódzki 3, 10-727 Olsztyn
e-mail: marek.marks@uwm.edu.pl

Za zmiany klimatyczne uważa się trwałe zaburzenia w cyklicznym przebiegu czynników klimatycznych, szczególnie temperatury i opadów powodowane głównie przez emisję gazów cieplarnianych. W Polsce zmiany te radykalnie wpływają na produkcję rolniczą poprzez nasilenie ekstremalnych zjawisk pogodowych takich jak susze, połączone z falami upałów prowadzącymi do niedoboru wody glebowej, gwałtowne burze i deszcze nawalne przyczyniające się do erozji wodnej i występowania lokalnych podstopień, brak pokrywy śniegowej w okresie zimy narażające oziminy na wymarznącie, występowanie późnowiosennych przymrozków radiacyjnych i adwekcyjnych itp.

Rolnictwem regeneratywnym określa się system zasad i praktyk rolniczych przyczyniających się do magazynowania węgla w glebie i charakteryzujących się w dłuższym okresie czasu ujemnym śladem węglowym (z ang. *Carbon Negative Agriculture*). Jego zadaniem jest poprawa żyzności i retencji wodnej gleby. Ma też wpływać na zwiększenie bioróżnorodności agroekosystemów i kształtować kulturowy krajobraz rolniczy.

Nazwa tego rolnictwa wywodzi się od słowa regeneracja, czyli odbudowa, odtworzenie, odzyskanie utraconych właściwości po zastosowaniu odpowiednich regenerujących zabiegów. Rolnictwo regeneratywne wykorzystuje szereg założeń z systemu rolnictwa, ekologicznego, permakultury, rolnictwa integrowanego i rolnictwa precyzyjnego.

Nadrzędnym zadaniem tego typu rolnictwa jest prawidłowa gospodarka materią organiczną, która stanowi rezerwuuar makro i mikroskładników uwalnianych do gleby podczas jej mineralizacji. Podstawowymi źródłami tej substancji są: masa korzeniowa i resztki poźniwne, obornik, kompost, poferment i inne nawozy naturalne i organiczne, biomasa międzyplonów itp.

W kształtowaniu żyzności gleb i gromadzeniu substancji organicznej szczególnego znaczenia nabiera częstotliwość stosowania nawozów naturalnych, szczególnie obornika oraz optymalizacja odczynu. Rolnik, który chce wdrażać zasady rolnictwa regeneratywnego powinien zacząć od planu odbudowy zawartości substancji organicznej w glebie, przy czym musi pamiętać, że właściwości próchnicy są determinowane rodzajem materiału organicznego ulegającego w glebie procesom humifikacji, szeregiem czynników siedliskowych, szczególnie klimatycznych i glebowych oraz stosowaną agrotechniką.

Wzrost zawartości substancji organicznej polepsza warunki życia drobnoustrojów glebowych, a powstające podczas jej rozkładu koloidy mineralno-organiczne przyczyniają się do utworzenia bardzo pożądanej struktury gruzełkowej. Materia organiczna poprawia retencję, ponieważ jest w stanie zatrzymać 5-krotnie więcej wody niż wynosi jej masa. Woda ta jest łatwo dostępna dla roślin. Każdy 1% próchnicy w glebie zatrzymuje minimum 9-15 l wody na 1m² (90-150 tys. l wody na hektarze).

Zawartość glebowej materii organicznej decyduje o:

- zdolności gleby do zatrzymywania i uwalniania składników mineralnych do roztworu glebowego (pojemność sorpcyjna gleby). Jej koloidalna struktura pozwala na sorpcję składników pokarmowych roślin w stopniu 4-12 razy większym niż frakcji mineralnej gleby, a dodatkowo są one łatwo dostępne dla roślin;
- zdolności gleby do zatrzymywania i gromadzenia wody, gdyż próchnica zatrzymuje 3 do 5 - krotnie więcej wody dostępnej dla roślin w stosunku do swojej masy;
- strukturze gruzełkowej gleby. Struktura ta ułatwia mechaniczną uprawę roli i zmniejsza jej podatność na erozję, ponieważ stanowi ona lepsze dla fazy stałej gleby;
- ciemnej barwie i właściwościach cieplnych gleby (szybkości nagrzewania się wiosną);

- zdolności adsorpcji (wiązań) na swojej powierzchni metali ciężkich i toksycznych substancji (np. pestycydów) aż do czasu ich rozkładu przez mikroorganizmy glebowe;
- aktywności biologicznej gleby, gdyż materia organiczna jest źródłem węgla i innych składników pokarmowych dla mikroorganizmów żyjących w glebie;
- udostępnianiu niezbędnych dla roślin składników pokarmowych, a szczególnie azotu, fosforu i mikroelementów;

Spadek zawartości glebowej materii organicznej w glebach Polski związany jest z:

- uproszczeniem zmianowań (od lat ponad 70% zbóż w strukturze zasiewów);
- zaniechaniem uprawy roślin wieloletnich (traw lub ich mieszanek z roślinami motylkowatymi) pozostawiających dużą ilość biomasy w formie resztek roślinnych;
- zaniechaniem uprawy międzyplonów z przeznaczeniem na zielony nawóz;
- brakiem stosowania obornika w gospodarstwach bezinwentarzowych;
- techniką uprawy roli - największe straty - uprawa płuźna;
- często też zmianą stosunków wodnych gleb spowodowaną źle działającą siecią melioracyjną;

Rolnictwo coraz bardziej odczuwa ciągle narastający deficyt wody. Głównymi przyczynami niedoborów wody w polowej produkcji roślinnej są:

- brak regularności opadów i odpowiedniego ich rozkładu w czasie,
- intensywny spływ powierzchniowy bez wsiąkania wody do gleby,
- wadliwie przeprowadzone melioracje (szybkie odprowadzenie nadmiaru wód, bez możliwości ich zatrzymania i zmagazynowania w ekosystemach polnych);
- niewłaściwa regulacja cieków wodnych (likwidacja zakoli, starorzeczy, betonowanie brzegów, pogłębianie koryt itp.);
- nadmierne wylesienie i oddrzewienie terenu;
- nadmierna eksploatacja wód powierzchniowych i podziemnych.

Wśród czynników agrotechnicznych w gospodarowaniu wodą w agroekosystemach nadrzędną rolę pełnią:

- płodozmian - poprzez odpowiedni dobór gatunków do uprawy w plonie głównym i w międzyplonach zapewnia dopływ różnej ilości i jakości resztek poźniwnych służących do odbudowy zawartości substancji organicznej;
- uprawa roli - poprzez regulację stosunków powietrzno-wodnych gleby, wpływa na szybkość i przebieg procesów mineralizacji tej substancji;
- nawożenie - (naturalne i organiczne, wapnowanie) – decyduje o gromadzeniu substancji organicznej w glebie i procesach biochemicznych.

Zadania nauk rolniczych związane ze zmianami klimatu:

- hodowla roślin w kierunku uzyskania odmian o małych potrzebach wodnych;
- aklimatyzacja (przystosowanie) roślin ze stref o stałych niedoborach wody;
- wprowadzanie do uprawy gatunków (odmian) o małych potrzebach wodnych i maksymalnie wykorzystujących wodę występującą w środowisku. Dotyczy to w szczególności roślin o wysokiej sile ssącej systemu korzeniowego, niskim współczynniku transpiracji, magazynujących zapasy wody w swoich organach oraz mających genetyczne zabezpieczenie procesów fizjologicznych przed negatywnymi skutkami niedoboru wody.

Rolnictwo regeneratywne nie wyeliminuje całkowicie problemu suszy, ale jest jednym z bardziej skutecznych narzędzi ograniczających deficyt wody w glebie. Dzięki odbudowie zawartości substancji organicznej i poprawie struktury gruzelkowej gleby rośnie retencja wodna. Pozwala to agroekosystemom przetrwać okresy suszy, szczególnie groźne na wiosnę.

OCENA REDYSTRYBUCJI WĘGLA ORGANICZNEGO I CA W PROFILU GLEBY PŁOWEJ PO 45 LATACH NAWOŻENIA AZOTEM MINERALNYM ORAZ STOSOWANIA OBORNIKA

DOROTA PIKUŁA

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Zakład Nawożenia i
Zarządzania Składnikami Pokarmowymi
e-mail: dpikula@iung.pulawy.pl*

Węgiel organiczny jest jednym z najważniejszych wskaźników żyzności gleby, decydującym o jej właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych. Długotrwałe stosowanie nawozów mineralnych oraz nawozów naturalnych może istotnie wpływać na zawartość i rozmieszczenie węgla organicznego w profilu glebowym. Szczególne znaczenie ma ocena zmian zachodzących w glebach użytkowanych rolniczo przez wiele lat, gdyż pozwala określić kierunek procesów akumulacji i przemieszczania się węgla organicznego (SOC). Celem niniejszej pracy była ocena redystrybucji węgla organicznego w profilu glebowym gleby płowej po 45 latach nawożenia azotem mineralnym i obornikiem. Badania przeprowadzono w Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Grabowie nad Wisłą (51°21'08" N; 21°40'08" E). Doświadczenie jest zlokalizowane na glebie *Albic Luvisol* (WRB, 2024) o uziarnieniu piasku gliniastego lekkiego, kompleksu żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Klimat w tej części kraju jest umiarkowany ze średnimi rocznymi opadami wynoszącymi około 560 mm i średnią roczną temperaturą 7,8°C. Czynnikiem doświadczenia są; dwa zmianowania A i B o zróżnicowanym wpływie na bilans materii organicznej w glebie, pięć poziomów nawożenia obornikiem (w tym obiekt bez obornika: 0, 15, 25, 35 i 45 t·ha⁻¹) oraz cztery poziomy nawożenia azotem mineralnym (N0-0, N1-50, N2-100, N3-150), dostosowanym do wymagań pokarmowych uprawianych roślin. W zmianowaniu A, określonym jako „zubożające” glebę w materię organiczną uprawiane są: kukurydza na ziarno, pszenica ozima, jęczmień jary i kukurydza na kiszonkę. W zmianowaniu B, określanym jako „wzbogacające” glebę w materię organiczną uprawia się: kukurydzę na ziarno, pszenicę ozimą + gorczycę na przyoranie jako poplon, jęczmień z wsiewką koniczyny i mieszankę koniczyny z trawami. W obu wariantach zmianowania nie przeoruje się słomy i do 2020 r. nie wapnowano gleby. W analizowanych zmianowaniach stwierdzono wzrost zawartości węgla organicznego w glebie (SOC) w poziomach A gleb płowych wraz ze zwiększaniem dawki obornika (FYM), jednak zmianowanie B charakteryzowało się większą zdolnością do sekwestracji (magazynowania) węgla. Nawożenie azotem mineralnym nie miało istotnego wpływu na zawartość SOC w zmianowaniu A, natomiast zastosowanie obornika w dawce 35 t·ha⁻¹ spowodowało istotny wzrost zawartości SOC w zmianowaniu B. Wykazano również, że nawożenie azotem mineralnym wpływało na przemieszczanie się wapnia (Ca) w profilach glebowych obu zmianowań. Największą akumulację wapnia odnotowano w warstwie gleby położonej poniżej 55 cm. Chociaż całkowita zawartość wapnia była zbliżona w obu systemach zmianowania, analiza korelacji wykazała silniejszy związek między zawartością węgla organicznego a wapniem w systemie wzbogacającym glebę w materię organiczną (zmianowanie B) niż w systemie ubogim w materię organiczną (zmianowanie A).

PRODUKTYWNOŚĆ ORAZ EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA AZOTU PRZEZ PSZENICĘ OZIMĄ W WARUNKACH WIELOLETNIEGO NIEZBILANSOWANEGO NAWOŻENIA FOSFOREM I POTASEM

AGNIESZKA RUTKOWSKA

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa -Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: agrut@iung.pulawy.pl*

Badania prowadzono w oparciu o wieloletnie doświadczenia polowe zlokalizowane w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG – PIB w Grabowie (woj. mazowieckie) i Baborówku (woj. wielkopolskie). Układ doświadczalny obejmował obiekt kontrolny, w którym stosowano zrównoważenie nawożenia fosforem i potasem oraz obiekt, w którym w 2003 r. zaprzestano stosowania nawozów fosforowych (P minus) lub potasowych (K minus). W opracowaniu przedstawiono wyniki badań prowadzonych w latach 2023-2025 z pszenicą ozimą uprawianą w uproszczonym zmianowaniu z kukurydzą na zieloną masę. Pod pszenicę stosowano pięć dawek azotu w formie mocznika z inhibitorem ureazy (0, 40, 80, 120, 160 i 200 kg N/ha). W latach badań gleba w obu miejscowościach charakteryzowała się niską zasobnością w potas oraz średnią do wysokiej zasobnością w fosfor przyswajalny. Określono wpływ wieloletniego wyczerpywania gleby z fosforu i potasu na wielkość plonów oraz efektywność wykorzystania azotu z nawozów przez pszenicę. Efektywność wykorzystania azotu (*Nitrogen Use Efficiency*, NUE) wyznaczono zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Nitrogen Expert Panel (EU NEP, 2015) jako iloraz pobrania azotu z plonem ziarna oraz słomy i dawki zastosowanego azotu. W obliczeniach, oprócz azotu z nawozów, w puli azotu dostępnego dla roślin uwzględniono zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną, która wyniosła około 40 kg N/ha.

Średni plon ziarna wyniósł 6,07 t/ha w Grabowie i 4,45 t/ha w Baborówku. W obu lokalizacjach wieloletnie zaniechanie nawożenia fosforem lub potasem spowodowało istotne obniżenie plonów pszenicy ozimej (średnio o 10% w Grabowie i o 12% w Baborówku). Mniejsze plony w Baborówku pomimo wyższej początkowej zawartości fosforu i potasu w glebie wskazują, że o wielkości plonu decydowały również inne czynniki, w szczególności przebieg warunków pogodowych w latach badań.

W Baborówku maksymalną wartość NUE osiągnięto przy dawce 80 kg N/ha, a w Baborówku przy dawce 120 kg N/ha, niezależnie od nawożenia fosforem i potasem (Tabele 1-2). Średnia efektywność wykorzystania azotu (NUE) w obiekcie kontrolnym wynosiła 89% w Grabowie i 82% w Baborówku, natomiast w obiektach z wyczerpywaniem fosforu i potasu zmniejszyła się odpowiednio do 80 i 80% oraz 77 i 78%. Jednocześnie saldo azotu wzrosło z 23 do 32–40 kg N/ha w Grabowie oraz z 28 do 36–39 kg N/ha w Baborówku.

Tabela 1. Wskaźniki indeksu NUE dla pszenicy ozimej w Grabowie (średnia za lata 2023-2025)

Dawka N	Kontrola			P minus			K minus		
	Pobranie N	NUE	Bilans* N	Pobranie N	NUE	Bilans* N	Pobranie N	NUE	Bilans* N
40	73	91	8	62	78	18	70	78	15
80	134	111	-13	120	101	-1,0	123	101	1,9
120	135	84	27	120	76	39	124	76	41
160	159	80	42	150	74	49	136	74	69
200	189	79	52	184	73	55	171	73	73
średnia	138	89	23	127	80	32	125	80	40

*po uwzględnieniu azotu mineralnego

Tabela 2. Wskaźniki indeksu NUE dla pszenicy ozimej w Baborówku (średnia za lata 2023-2025)

Dawka N	Kontrola			P minus			K minus		
	Pobranie N	NUE	Bilans* N	Pobranie N	NUE	Bilans N	Pobranie N	NUE	Bilans N
40	57	71	23	55	71	23	56	75	20
80	92	77	29	82	70	36	81	71	35
120	157	98	2,5	141	90	16	138	90	17
160	172	86	28	154	78	43	143	78	52
200	183	76	57	174	74	62	165	74	70
średnia	132	82	28	121	77	36	117	78	39

*po uwzględnieniu azotu mineralnego

Wszystkie średnie wartości NUE (71–89%) mieściły się w zakresie 50–90% rekomendowanym przez Nitrogen Expert Panel, jednak wieloletnie wyczerpywanie zasobów fosforu i potasu obniżało ten wskaźnik oraz zwiększało dodatnie saldo azotu. Wyniki prezentowanych badań wskazują, że wieloletnie wyczerpywanie glebowych zasobów fosforu i potasu ogranicza efektywność wykorzystania azotu oraz zwiększa ilość azotu pozostającego w systemie glebowo-roślinnym. Potwierdza to, że utrzymanie odpowiedniej zasobności gleby w podstawowe składniki pokarmowe jest jednym z warunków wysokiej efektywności nawożenia azotowego i ograniczenia strat azotu do środowiska.

PRODUKTY UBOCZNE PRZETWÓRSTWA DYNI JAKO CENNE ŹRÓDŁO ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE AKTYWNYCH

MAŁGORZATA STRYJECKA

*Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie, Katedra
Dietetyki, ul. Nowy Świat 3b, 22-100 Chełm
e-mail: mstryjecka@panschelm.edu.pl*

Intensyfikacja produkcji i przetwórstwa żywności, przy jednoczesnym wzroście wymagań dotyczących racjonalnego gospodarowania surowcami, stwarza potrzebę poszukiwania skutecznych metod zagospodarowania produktów ubocznych powstających w łańcuchu rolno-spożywczym. Szczególne znaczenie w tym kontekście przypisuje się surowcom roślinnym, których frakcje dotychczas klasyfikowane jako odpady mogą stanowić źródło substancji o wysokiej wartości biologicznej i technologicznej. Do grupy tej należą produkty uboczne przetwórstwa dyni (*Cucurbita* spp.), obejmujące przede wszystkim nasiona, skórkę, pozostałości miąższu oraz włókniste części owocu. Ich skład chemiczny wskazuje na możliwość wykorzystania tych materiałów jako surowców do pozyskiwania naturalnych składników funkcjonalnych, co wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym oraz koncepcję waloryzacji biomasy.

Produkty uboczne dyni charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem pod względem zawartości i profilu związków biologicznie aktywnych. Wśród najistotniejszych grup metabolitów wymienia się związki fenolowe, flawonoidy, karotenoidy, tokoferole, fitosterole oraz inne związki o właściwościach antyoksydacyjnych. Towarzyszą im składniki odżywcze, w tym białko, frakcje lipidowe bogate w nienasycone kwasy tłuszczowe, błonnik pokarmowy oraz wybrane składniki mineralne. Należy przy tym podkreślić, że ilościowy i jakościowy profil tych substancji nie jest stały, lecz zależy m.in. od gatunku i odmiany dyni, warunków agrotechnicznych, stopnia dojrzałości, części owocu oraz parametrów stosowanego procesu technologicznego. Szczególnie istotne różnice obserwuje się w przypadku karotenoidów, których profil może być modyfikowany zarówno przez cechy genotypowe, jak i warunki środowiskowe oraz sposób ekstrakcji. Do głównych karotenoidów identyfikowanych w surowcach dyniowych należą β -karoten, α -karoten, luteina i zeaksantyna.

Na szczególną uwagę zasługują nasiona dyni, które z technologicznego i żywieniowego punktu widzenia stanowią jeden z najbardziej wartościowych produktów ubocznych. Są one źródłem oleju zawierającego znaczny udział nienasyconych kwasów tłuszczowych, a także białka, tokoferoli, fitosteroli, składników mineralnych oraz związków fenolowych. Otrzymywany z nasion olej może być wykorzystywany zarówno jako produkt spożywczy, jak i surowiec do dalszego przetwarzania. Jednocześnie pozostałości po procesie tłoczenia, w szczególności wytloki, zachowują znaczną część składników odżywczych i bioaktywnych, dzięki czemu mogą być rozpatrywane jako potencjalne komponenty produktów o podwyższonej wartości odżywczej.

Drugą istotną frakcją stanowi skórka dyni, która w warunkach przemysłowego przetwarzania jest często usuwana na wczesnym etapie produkcji. Badania wskazują, że może ona zawierać znaczne ilości karotenoidów, związków fenolowych, błonnika, pektyn, białka oraz składników mineralnych. Szczególnie interesująca jest jej frakcja barwnikowa, związana z obecnością karotenoidów, które mogą znaleźć zastosowanie jako naturalne składniki preparatów spożywczych i produktów o funkcjonalnym charakterze. Jednocześnie obecność błonnika i pektyn zwiększa potencjał technologiczny skórki jako surowca do otrzymywania preparatów włóknistych i składników strukturotwórczych.

Znaczenie produktów ubocznych dyni wynika również z właściwości biologicznych zawartych w nich substancji. Związki fenolowe, karotenoidy i tokoferole wykazują zdolność do uczestniczenia w mechanizmach ochrony przed stresem oksydacyjnym, natomiast wybrane składniki ekstraktów dyniowych wykazują w badaniach aktywność przeciwutleniającą, przeciwbakteryjną i przeciwzapalną.

Istotnym zagadnieniem pozostaje opracowanie technologii umożliwiających efektywne odzyskiwanie związków bioaktywnych z poszczególnych frakcji dyni. W tym zakresie analizowane są zarówno klasyczne metody ekstrakcji, jak i rozwiązania wykorzystujące nowoczesne techniki wspomagające proces, pozwalające zwiększyć wydajność odzysku przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia rozpuszczalników i energii. Coraz większe znaczenie przypisuje się również technologiom nietermicznym, które mogą ograniczać degradację termolabilnych składników i pozwalać na zachowanie właściwości funkcjonalnych surowca. Rozwój takich metod jest istotny z punktu widzenia przemysłowego wdrażania procesów waloryzacji produktów ubocznych.

Zagospodarowanie produktów ubocznych przetwórstwa dyni może prowadzić do opracowania nowych składników i produktów przeznaczonych dla przemysłu spożywczego, nutraceutycznego, kosmetycznego oraz innych sektorów wykorzystujących surowce pochodzenia roślinnego. Potencjalne zastosowania obejmują m.in. produkcję preparatów bogatych w błonnik, naturalnych źródeł barwników i przeciwutleniaczy, olejów roślinnych, ekstraktów oraz dodatków zwiększających wartość odżywczą produktów spożywczych. Tym samym materiał, który w tradycyjnym modelu produkcji byłby kierowany do utylizacji, może zostać przekształcony w surowiec o określonej wartości funkcjonalnej.

Z perspektywy środowiskowej waloryzacja produktów ubocznych dyni stanowi element szerszego procesu transformacji modelu produkcji żywności w kierunku większej efektywności surowcowej i ograniczania strat. Ponowne wykorzystanie frakcji nasiennych, skórki i pozostałości włóknistych umożliwia nie tylko odzysk cennych substancji, ale również ograniczenie ilości biomasy wymagającej zagospodarowania. Włączenie tych materiałów do nowych łańcuchów wartości jest zgodne z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym, w której odpady i produkty uboczne jednego procesu mogą stać się surowcem dla kolejnego. Najnowsze badania wskazują przy tym, że dalszego rozwoju wymagają kwestie standaryzacji składu surowców, skalowania procesów ekstrakcyjnych, stabilizacji otrzymanych preparatów oraz oceny ich bezpieczeństwa i opłacalności ekonomicznej.

Podsumowując, produkty uboczne przetwórstwa dyni należy postrzegać nie jako jednorodną kategorię odpadów, lecz jako zróżnicowane matryce roślinne o znacznym potencjale biologicznym i technologicznym. Obecność karotenoidów, polifenoli, tokoferoli, fitosteroli, nienasyconych kwasów tłuszczowych, błonnika, białka i składników mineralnych uzasadnia prowadzenie dalszych badań nad ich efektywną waloryzacją. Racjonalne wykorzystanie tych frakcji może przyczynić się do opracowania nowych składników funkcjonalnych, zwiększenia wartości dodanej surowca oraz ograniczenia strat w przemyśle rolno-spożywczym. Warunkiem pełnego wykorzystania tego potencjału jest jednak integracja badań dotyczących składu chemicznego, aktywności biologicznej, technologii odzysku, bezpieczeństwa oraz możliwości wdrożenia przemysłowego. W tym ujęciu produkty uboczne przetwórstwa dyni stanowią perspektywiczny element zrównoważonego wykorzystania biomasy roślinnej i rozwoju nowoczesnych systemów produkcji żywności.

**OCENA POTENCJAŁU PRODUKCYJNEGO WYBRANYCH ODMIAN IMBIRU
LEKARSKIEGO (*ZINGIBER OFFICINALE* ROSC.) NA POTRZEBĘ MOŻLIWOŚCI
UPRAWY W WARUNKACH GLEBOWO KLIMATYCZNYCH POLSKI**PIOTR SZULC¹, JOANNA KOBUS-CISOWSKA², BARBARA MAJOCH³¹Wydział Rolnictwa Ogrodnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
e-mail: pior.szulc@up.poznan.pl²Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
e-mail: joanna.kobus-cisowska@poznan.up.poznan.pl,³Agrismart Sp. z o.o.,
e-mail: agrismart.poland@gmail.com

Imbir (*Zingiber officinale*) jest wieloletnią rośliną zielną należącą do rodziny imbirowatych (*Zingiberaceae*). Jako roślina przyprawowa nie wytwarza owoców, a rozmnażana jest wyłącznie wegetatywnie poprzez podział kłaczy. Uprawiany jest przede wszystkim w Chinach, Indiach i Japonii, jednak jego plantacje występują również w południowej i zachodniej Afryce, na Haiti, Barbadosie, Tajwanie oraz w Australii. Znanych jest co najmniej 140 gatunków imbiru, z których największe znaczenie użytkowe, zarówno spożywcze, jak i kosmetyczne, ma imbir lekarski. Jadalną część rośliny stanowi aromatyczne kłącze o charakterystycznym ostrym smaku i intensywnym zapachu. Dzięki właściwościom rozgrzewającym, przeciwzapalnym oraz wspierającym odporność organizmu imbir znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, medycynie naturalnej i kosmetyce. Ze względu na długi okres wegetacji roślina ta nie była dotychczas uprawiana na szerszą skalę w warunkach klimatycznych Polski. Celem operacji było opracowanie i wdrożenie innowacyjnej technologii uprawy imbiru dostosowanej do warunków geograficznych i środowiskowych Polski, a także stworzenie technologii pozyskiwania soku imbirowego o wysokiej stabilności jakościowej. Projekt zakładał optymalizację procesu podkiełkowania kłaczy w warunkach kontrolowanych, w tym skrócenie cyklu kiełkowania, co umożliwiło szybsze osiągnięcie dojrzałości rozmnożeniowej roślin. Prace badawczo-rozwojowe (B+R) realizowano zarówno w warunkach polowych, jak i laboratoryjnych, przy współpracy rolnika, przedsiębiorcy oraz jednostki naukowej. Badania prowadzono na trzech odmianach imbiru, co umożliwiło ocenę ich przydatności do uprawy w warunkach klimatycznych Polski oraz porównanie parametrów wzrostu, plonowania i jakości uzyskanego surowca. Uzyskane wyniki wykazały zróżnicowaną reakcję badanych odmian na warunki uprawowe, a także istotne różnice w wielkości plonu, cechach kłaczy oraz właściwościach technologicznych surowca. Zakres badań obejmował optymalizację temperatury i wilgotności podczas kiełkowania, zakładanie i prowadzenie doświadczeń polowych, a także opracowanie efektywnych metod zbioru oraz przechowywania kłaczy imbiru w warunkach krajowych. Wyniki badań stanowiły podstawę do opracowania technologii umożliwiającej krajową produkcję imbiru oraz wysokiej jakości produktów przetworzonych na bazie tego surowca.

Słowa kluczowe: imbir, odmiany, cechy agrotechniczne

**WSPARCIE DORADZTWA ROLNICZEGO I PRODUCENTÓW ROLNYCH
W WYPEŁNIANIU ZASAD INTEGROWANEJ OCHRONY I PRODUKCJI -
PLATFORMA SYGNALIZACJI AGROFAGÓW**

ANNA TRATWAL*, KAMILA ROIK, WOJCIECH KUBASIK

*Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Monitorowania i Sygnalizacji Agrofagów,
ul. Władysława Węgorka 20, 60 – 318 Poznań*

*e-mail: a.tratwal@iorpib.poznan.pl

Doradztwo rolnicze oraz przekaz wiedzy bezpośrednio do praktyki rolnej to podstawowe elementy wspierające producentów w prawidłowej ich działalności, zgodnie z zasadami integrowanej produkcji i ochrony. Rolnik w toku swojej działalności musi podejmować na bieżąco wiele ważnych i istotnych decyzji – jaką uprawę wybrać, jaką odmianę, na bieżąco kontrolować zdrowotność plantacji, podejmować odpowiednie kroki zapobiegawcze w ściśle określonym terminie. Ponadto, cały tok prowadzenia plantacji musi się odbywać zgodnie z zasadami integrowanej ochrony lub produkcji w przypadku konkretnego systemu gospodarowania (systemu IP). W związku z powyższym, rolnik musi mieć stały dostęp do wyników badań i bezstronnych doświadczeń naukowych. Są to bezpośrednie szkolenia, przekazy doradców podczas prezentacji, spotkania podczas Dni Pola i inne wydarzenia. Niezmiernie ważny jest także dostęp do wiedzy poprzez różnego rodzaju strony internetowe. Istotnym jest, aby strony, portale internetowe miały podstawy naukowe, były oparte na obiektywnych wynikach obserwacji czy przeprowadzonych doświadczeń. Jednym z takich przykładów może być serwis Platforma Sygnalizacji Agrofagów (www.agrofagi.com.pl). Serwis informacyjny to efekt ścisłej współpracy wielu jednostek naukowych, ośrodków doradztwa rolniczego i różnych jednostek związanych z doświadczalnictwem i rolnictwem. Portal zawiera bardzo bogatą bazę takich opracowań jak: metodyki, poradniki, broszury, ulotki, plakaty informacyjne czy filmy instruktażowe. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że dostępne dla każdego zainteresowanego opracowania są oparte na solidnej i sprawdzonej wiedzy naukowej popartej doświadczeniami. Ponadto, jest to baza sygnalizacyjna chorób i szkodników roślin rolniczych, która informuje w sezonie wegetacyjnym o aktualnych zagrożeniach ze strony agrofagów. Taka informacja wraz z doradztwem rolniczym, dokładnie informuje rolnika z danej miejscowości o ewentualnej potrzebie wykonaniu zabiegu chemicznego w odpowiednim momencie. Umiejętne wykorzystanie wyników obserwacji polowych, przyczynia się do zminimalizowania ryzyka ewentualnych szkód i wyeliminowania nadmiernego, często niepotrzebnego stosowania środków ochrony roślin. Portal internetowy cieszy się dużą popularnością ze względu na stałą potrzebę wsparcia rolników, doradców i innych osób związanych z produkcją rolno – spożywczą w zakresie prawidłowego przestrzegania wymogów integrowanej produkcji i ochrony roślin.

BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCI A BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCIOWEANNA WINIARSKA^{1,2*}, KAROLINA JACHIMOWICZ-ROGOWSKA²¹*Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie, Katedra Dietetyki, ul. Wojsławicka 8 B, 22-100 Chełm*²*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Dietetyki, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin*

*e-mail: awiniarska@panschelm.edu.pl

Jednym z podstawowych praw każdego człowieka jest dostęp do bezpiecznej żywności. Oznacza to, że każde państwo powinno zapewnić swoim obywatelom bezpieczeństwo żywnościowe. Według FAO bezpieczeństwo żywnościowe warunkowane jest zarówno przez obecność produktów spożywczych w sklepach w wystarczającej dla wszystkich obywateli ilości, jak przez dostępność żywności bezpiecznej i dobrej jakości. Polska jest krajem, w którym bezpieczeństwo żywnościowe jest na wysokim poziomie, co jest wpisane w strategię bezpieczeństwa narodowego. Oznacza to, że wytwarza się ilość żywności wystarczającą dla wszystkich obywateli, możliwy jest również eksport nadwyżek. Bezpieczeństwo żywnościowe jest jednak pojęciem złożonym i odnosi się do (1) populacji ogólnej (w tej sferze jest ono zapewnione) oraz (2) bezpośrednio gospodarstw domowych (w tej sferze z kolei są pewne problemy). Bardzo ważne jest, że na bezpieczeństwo żywnościowe w składają się trzy czynniki: obecność produktów spożywczych w sklepach, dostępność ekonomiczna oraz dostęp do żywności bezpiecznej i charakteryzującej się wysoką wartością pokarmową. W tym kontekście należy podkreślić, że fizyczna dostępność żywności oraz jej bezpieczeństwo nie są gwarancją dostępności ekonomicznej. Dane z 2025 roku wskazują, że w Polsce w skrajnym ubóstwie żyje ponad 2 mln osób, ponad 40% rodzin żyje poniżej minimum socjalnego, a około 20% osób w wieku podeszłym wykazuje objawy niedożywienia. W konsekwencji dokonywanie wyborów dotyczących podstawowych potrzeb jest koniecznością. Dotyczy ono nie tylko kupowania żywności o niskiej wartości pokarmowej ze względu na jej niską cenę, ale także oszczędzanie na ochronie zdrowia oraz ograniczenia ilościowe produktów spożywczych.

Bezpieczeństwu żywnościowemu mogą zagrażać liczne czynniki, które dotyczą nie tylko poszczególnych krajów, ale także skali globalnej. Należą do nich m.in. dynamiczny wzrost liczby ludności, szczególnie w krajach o niskim statusie ekonomicznym, coraz dłuższe życie i zmiany we wzorcach konsumpcji, ale także degradacja środowiska na skutek erozji gleb zmian klimatycznych i utraty bioróżnorodności. Skutkiem jest pogorszenie jakości żywności oraz ograniczenie jej bezpieczeństwa np. na skutek fałszowania lub zwiększonego zanieczyszczenia środowiska oraz wzrost kosztów produkcji żywności. Nie bez wpływu na bezpieczeństwo żywnościowe jest także marnotrawienie żywności. Czynniki te wpływają na wzrost ceny produktów spożywczych, czego skutkiem jest ograniczenie jej dostępności ekonomicznej.

Konsumenci często nie są świadomi, że obecność żywności w sklepach nie oznacza jej wysokich walorów pokarmowych. Nie widzą też, że regularne spożywanie produktów niskiej jakości prowadzi do niedożywienia fizjologicznego, czego skutkiem są choroby niedoborowe, wynikające z obniżonej odporności lub nadmiernej masy ciała. Z tego powodu konieczna jest umiejętność rozpoznawania żywności pełnowartościowej. Gwarancją wysokiej jakości żywności są znaki jakości, natomiast ich znajomość w polskim społeczeństwie jest bardzo niska, a podstawowym kryterium wyboru produktów spożywczych jest cena. Produkty wysokowartościowe są zwykle droższe od żywności kiepskiej jakości, w związku z czym są one wykluczane bez sprawdzania składu komponentowego. Regularne spożywanie żywności niskiej jakości pociąga za sobą szereg skutków, które zwiększają zarówno koszty społeczne (leczenie chorób dietozależnych) jak i koszty produkcji żywności, a więc paradoksalnie obniżają bezpieczeństwo żywnościowe. Poważnym problemem jest marnotrawienie żywności, która jest kupowana w zbyt dużych ilościach w stosunku realnych potrzeb (duże opakowania, promocje itp.). Z kolei wyższa cena produktów powoduje kupowanie mniejszych ilości, jednak wystarczających do spożycia, dzięki czemu ogranicza się wyrzucanie. Znaki jakości żywności

są gwarancją wysokiej jakości, ponieważ producenci muszą spełnić szereg kryteriów, aby uzyskać możliwość umieszczania znaków na etykietach. Dodatkowo są one przyznawane na określony czas, a produkty podlegają regularnym kontrolom. Znaki jakości odnoszą się zarówno do pochodzenia produktu (np. Produkt Polski, Chroniona Nazwa Pochodzenia, Chronione Oznaczenie Geograficzne), jego tradycyjnego składu i systemu wytwarzania (np. Gwarantowana Tradycyjna Specjalność, Jakość Tradycja, TAQ – Tradition and Quality), jak i systemu produkcji (np. Ekolistek).

Obowiązujące w krajach UE systemy kontroli bezpieczeństwa żywności są skuteczne, natomiast stoją przed ciągle nowymi wyzwaniami. Problemem jest szczególnie trudny do uregulowania handel internetowy. Podsumowując, polskie prawo umożliwia konsumentom zakup bezpiecznej żywności, natomiast od konsumentów zależy, czy będą potrafili z tego prawa skorzystać.

WPLYW SYSTEMU UPRAWY ROLI NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA PSZENICY OZIMEJ ODMIANY 'LINUS' W ZMIENNYCH WARUNKACH AGROKLIMATYCZNYCH LAT 2021–2024

JACEK CYMERMAN

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie, Katedra Rolnictwa, ul. Nowy Świat 3b, 22-100 Chełm
e-mail: jcymerman@panschelm.edu.pl

Postępujące zmiany klimatyczne, przejawiające się wzrostem częstotliwości i głębokości okresowych niedoborów opadów w okresie wegetacji, coraz silniej destabilizują produkcję pszenicy ozimej w Europie Środkowej. W tych warunkach kluczowego znaczenia nabiera dobór takiego sposobu uprawy roli, który zapewni roślinom możliwie największy zapas wody dostępnej w fazach krytycznych. Celem pracy była analiza i ocena wpływu systemu uprawy roli na plonowanie oraz jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) odmiany 'Linus' w zmiennych warunkach agroklimatycznych.

Ścisłe doświadczenie polowe prowadzono w latach gospodarczych 2021–2024 w rejonie Chełma (Wyżyna Lubelska) na glebie płowej wytworzonej z gliny piaszczystej, kompleksu pszennego dobrego. Porównano trzy systemy uprawy roli: tradycyjny orkowy (płużny, orka na 25–30 cm), uproszczony bezorkowy (konserwujący, płytkie spulchnienie na 10–12 cm z pozostawieniem co najmniej 30% resztek poźniwnych) oraz pasowy strip-till w technologii jednego przejazdu, prowadzony z zastosowaniem ruchu kontrolowanego (controlled traffic farming, CTF). Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków (split-plot) w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni rozliczeniowej 25 m². Nawożenie mineralne (160 kg N·ha⁻¹, 70 kg P₂O₅·ha⁻¹, 110 kg K₂O·ha⁻¹) oraz program ochrony fungicydowej były jednakowe we wszystkich obiektach. Oznaczano elementy struktury plonu, plon ziarna (przy 14% wilgotności), zawartość białka ogólnego (metodą Kjeldahla, N × 5,7) i glutenu mokrego, zapas wody użytecznej w warstwie 0–30 cm w fazie nalewania ziarna (BBCH 75), gęstość objętościową gleby, zawartość węgla organicznego oraz zużycie paliwa i nakłady pracy. Warunki hydrotermiczne okresu kwiecień–lipiec charakteryzowano współczynnikiem Sielianinowa (K). Wyniki opracowano dwuczynnikową analizą wariancji, a istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem wielokrotnych rozstępów Tukeya (HSD) przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Lata badań różniły się istotnie przebiegiem pogody. Sezony 2021 (K = 1,43) i 2023 (K = 1,31) charakteryzowały się uwilgotnieniem optymalnym, natomiast lata 2022 i 2024 (K = 0,88) należy zaklasyfikować jako suche — sumy opadów okresu kwiecień–lipiec stanowiły odpowiednio 74,1 i 78,0% normy wieloletniej 1991–2020.

System uprawy roli istotnie różnicował plon ziarna ($F = 30,67$; $p < 0,001$). Uśredniony dla czterolecia plon wyniósł 6,98 t·ha⁻¹ w uprawie pasowej, 6,79 t·ha⁻¹ w uproszczonej bezorkowej i 6,65 t·ha⁻¹ w orkowej; wszystkie różnice były istotne w teście Tukeya ($NIR_{0,05} = 0,10$ t·ha⁻¹). Stwierdzono przy tym wysoce istotną interakcję system × rok ($F = 11,37$; $p < 0,001$), wskazującą, że o kierunku reakcji plonu na sposób uprawy decydowała dostępność wody. W roku o optymalnym uwilgotnieniu (2021) najwyżej plonowała uprawa orkowa (7,38 t·ha⁻¹), natomiast w latach suszy przewagę uzyskiwały systemy konserwujące: w roku 2022 uprawa pasowa przewyższała orkową o 0,69 t·ha⁻¹ (11,5%), a bezorkowa o 0,38 t·ha⁻¹ (6,3%); analogiczny układ wystąpił w roku 2024. Spadek plonu w latach suchych względem roku wilgotnego wyniósł 17,8% w uprawie orkowej, 10,8% w bezorkowej i zaledwie 7,0% w pasowej, a współczynnik zmienności plonu w czterolecie — odpowiednio 10,3; 6,2 i 4,1%.

Mechanizm obserwowanej przewagi systemów konserwujących w latach suszy znalazł bezpośrednie potwierdzenie pomiarowe. Zapas wody użytecznej w warstwie 0–30 cm w fazie nalewania ziarna wynosił 50,1 mm w uprawie pasowej i 47,6 mm w bezorkowej wobec 41,2 mm

w orkowej ($\text{NIR}_{0,05} = 2,19$ mm), szybkość infiltracji wody była wyższa o 51–66%, a zawartość węgla organicznego w warstwie 0–10 cm — o 0,14–0,18 punktu procentowego. Analiza regresji wykazała ścisłą zależność plonu ziarna od zapasu wody użytecznej ($y = 3,87 + 0,0635x$; $R^2 = 0,768$; $p < 0,001$), co oznacza, że blisko 77% zmienności plonu wyjaśniało zróżnicowanie zasobów wody dostępnej w krytycznej fazie rozwojowej.

Uproszczenie uprawy roli poprawiało jakość technologiczną ziarna. Zawartość białka ogólnego wzrastała od 12,7% s.m. w uprawie orkowej, przez 13,1% w bezorkowej, do 13,3% w pasowej (wszystkie różnice istotne; $F = 36,87$; $p < 0,001$), a zawartość glutenu mokrego — odpowiednio od 27,3 do 28,2 i 28,6%. Nie stwierdzono istotnej interakcji system $\times$ rok dla parametrów jakościowych ($p = 1,000$), co dowodzi stabilnego i powtarzalnego charakteru tego efektu. We wszystkich obiektach konserwujących średnia zawartość białka przekraczała próg 13,0%, wymagany dla pszenicy jakościowej klasy A.

Porównywane systemy różniły się najsilniej pod względem nakładów. Zużycie paliwa obniżyło się z $62,4 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ w uprawie orkowej do $38,1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ w bezorkowej (–38,9%) i $31,6 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ w pasowej (–49,4%), a nakłady pracy — z $4,80$ do $3,10 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$ (–35,4%) i $2,60 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$ (–45,8%). Jednostkowe zużycie paliwa na wyprodukowanie 1 tony ziarna zmalało z $9,38$ do $5,61$ i $4,53 \text{ l} \cdot \text{t}^{-1}$, tj. o 40,2 i 51,7%. Jedynym parametrem przemawiającym na korzyść uprawy płużnej było zachwaszczenie, którego nasilenie w systemach konserwujących było o 32–52% wyższe.

Przeprowadzone badania wykazały, że w warunkach nasilających się okresowych niedoborów wody uproszczenie uprawy roli, a zwłaszcza technologia pasowa prowadzona z ruchem kontrolowanym, stanowi skuteczną strategię adaptacyjną. Zapewnia ona równocześnie wyższy i istotnie stabilniejszy plon, korzystniejsze parametry technologiczne ziarna oraz blisko dwukrotnie niższe nakłady energetyczne w porównaniu z tradycyjną uprawą płużną. Warunkiem powodzenia wdrożenia pozostaje staranne dostosowanie zmianowania i programu regulacji zachwaszczenia.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, system uprawy roli, uprawa konserwująca, strip-till, ruch kontrolowany (CTF), plonowanie, jakość ziarna, stres suszy, test Tukeya

WPLYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA PLONOWANIE I ROZWÓJ PSZENICY OZIMEJ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ODMIANY LINUS NA TERENIE LUBELSZCZYZNY W LATACH 2021–2024

JACEK CYMERMAN

Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie, Katedra Rolnictwa,
ul. Nowy Świat 3b, 22-100 Chełm
e-mail: jcymerman@panschelm.edu.pl

Celem pracy była ocena wpływu przebiegu warunków meteorologicznych na plonowanie oraz masę tysiąca ziaren (MTZ) pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) odmiany Linus uprawianej na terenie Lubelszczyzny w latach 2021–2024. Przyjęto hipotezę badawczą, że zróżnicowanie rozkładu temperatur powietrza oraz sum opadów atmosferycznych w krytycznych fazach rozwojowych istotnie modyfikuje potencjał plonotwórczy tej odmiany.

Materiał badawczy stanowiły wyniki plonowania zebrane w trzech lokalizacjach reprezentatywnych dla mezoregionów Lubelszczyzny (Stany Nowe, Wojsławice, Chełm), w każdej w czterech powtórzeniach, co dało łącznie dwanaście obiektów w roku badań. Agrotechnikę prowadzono zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej, na przeciętnym poziomie intensywności, przy jednolitym terminie siewu i normie wysiewu. Dobowe dane meteorologiczne pozyskano z sieci stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB), a uzyskane wartości termiczne i opadowe odniesiono do normy klimatycznej wielolecia 1991–2020. Zebrane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) w układzie całkowicie losowym, przyjmując lata badań jako czynnik klasyfikujący, a istotność różnic zweryfikowano testem post hoc Tukeya (HSD) przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Spełnienie założeń analizy sprawdzono testami Shapiro-Wilka i Levene’a, a wnioskowanie dotyczące MTZ potwierdzono dodatkowo testem Gamesa-Howella oraz testem t-Studenta z poprawką Bonferroniego. Siłę i kierunek zależności między parametrami pogodowymi a plonem i MTZ oceniono za pomocą współczynników korelacji liniowej Pearsona ($n = 48$).

Warunki pogodowe analizowanego czterolecia cechowały się znaczną zmiennością i wyraźnymi odchyleniami od normy wieloletniej. Najsilniejszą anomalię termiczną odnotowano w sezonie 2024, w którym luty i marzec były cieplejsze od normy odpowiednio o $5,0^{\circ}\text{C}$ i $3,2^{\circ}\text{C}$, co przyspieszyło ruszenie wegetacji wiosennej; w tym samym roku wystąpił najgłębszy deficyt opadów majowych (22 mm, tj. 35% normy). Lata badań istotnie różnicowały zarówno plon ziarna ($F = 15,4$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,51$), jak i masę tysiąca ziaren ($F = 38,3$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,72$). Najwyższy plon uzyskano w zrównoważonym termicznie i opadowo roku 2022 ($8,20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, grupa jednorodna a), najniższy zaś w roku 2021 ($6,80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, grupa c), w którym nawalne deszcze w okresie przedzbiorczym i podczas żniw (lipiec 122 mm, sierpień 110 mm) ograniczyły nalewanie ziarna, obniżyły MTZ do $41,20 \text{ g}$ i zwiększyły presję fuzariozy kłosów. Analiza korelacji wykazała ujemną zależność plonu i MTZ od sum opadów kwietniowych (odpowiednio $r = -0,49$ i $r = -0,44$) oraz majowych ($r = -0,35$ i $r = -0,65$), a dodatnią od opadów czerwcowych ($r = 0,36$ i $r = 0,41$).

Uzyskane wyniki wskazują, że o wielkości plonu decydował przede wszystkim rozkład, a nie łączna suma opadów w okresie wegetacji, przy kluczowym znaczeniu dostępności wody w fazie nalewania ziarna. Odmiana Linus potwierdziła w warunkach produkcyjnych kompensacyjny charakter plonowania – mimo ekstremalnej suszy majowej roku 2024 osiągnęła plon $7,50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (grupa b) i najwyższą masę tysiąca ziaren ($45,20 \text{ g}$, grupa a) dzięki efektywnemu wykorzystaniu opadów czerwcowych (65 mm). W warunkach postępujących zmian klimatu we wschodniej Polsce dobór odmian o typie kompensacyjnym, stabilnej zimotrwałości i dobrej zdrowotności stanowi istotny element strategii adaptacyjnej współczesnej agrotechniki.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, *Triticum aestivum*, odmiana Linus, warunki meteorologiczne, susza rolnicza, analiza wariancji, test Tukeya, Lubelszczyzna

WPLYW NIEDOBORU WODY W RÓŻNYCH FAZACH ROZWOJOWYCH NA STAN FIZJOLOGICZNY GROCHU

KATARZYNA CZOPEK*, MARIOLA STANIAK, ANNA STĘPIEŃ-WARDA

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach,
Zakład Uprawy Roślin i Jakości Plonu, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: kczopek@iung.pulawy.pl

Groch jest rośliną szczególnie wrażliwą na niedobór wody, zwłaszcza w fazach rozwojowych charakteryzujących się zwiększonym zapotrzebowaniem na wodę. Stres suszy może negatywnie wpływać na przebieg procesów fotosyntetycznych, powodując zmiany w wartości wskaźników fluorescencji chlorofilu oraz indeksu SPAD. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zróżnicowanego poziomu uwilgotnienia podłoża w różnych fazach rozwojowych na wybrane parametry fizjologiczne grochu odmiany Batuta.

Doświadczenie wazonowe w częściowo kontrolowanych warunkach zostało przeprowadzone w 2024 r. Obiektem badawczym był groch - odmiana Batuta. Rośliny były poddane stresowi suszy na poziomie: 40% polowej pojemności wodnej (PPW) (lekki stres) i 20% PPW (silny stres) w czterech fazach rozwojowych, krytycznych pod względem zapotrzebowania na wodę: F1- faza wegetacyjna, F2 – początek kwitnienia, F3 – początek zawiązywania strąków F4 – wypełnianie strąków. Po uzyskaniu przez rośliny odpowiedniej fazy rozwojowej wprowadzano tygodniowy stres i utrzymywano go na poziomie 20 lub 40% PPW. Przed i po wprowadzonym okresie suszy podłoże było utrzymywane na optymalnym poziomie uwilgotnienia, podobnie jak obiekt kontrolny (60% PPW). Przed powrotem do warunków optymalnych przeprowadzono w każdej fazie pomiary indeksu zieloności liścia (SPAD) oraz fluorescencji chlorofilu. Oceniano dwa parametry: Fv/Fm (maksymalna wydajność PSII) i PI (wskaźnik funkcjonowania fotosystemu I i II).

U grochu najniższe wartości wskaźnika maksymalnej wydajności kwantowej fotosystemu II (Fv/Fm) odnotowano w warunkach silnego stresu suszy w fazie początku kwitnienia (F2-20). Istotnie wyższe wartości wskaźnika Fv/Fm odnotowano na wszystkich pozostałych obiektach. Najwyższy wskaźnik fluorescencji chlorofilu odnotowano na przy optymalnych warunkach w fazie początku kwitnienia (F2-60) i zawiązywanie strąków (F3-60) oraz przy zastosowaniu lekkiej suszy w fazie początku kwitnienia (F2-40). Biorąc pod uwagę wartości średnie istotnie niższe wartości wskaźnika Fv/Fm odnotowano w fazie zawiązywania strąków (F3) i wypełniania strąków (F4), w porównaniu z fazą wegetatywną (F1) i początkiem kwitnienia (F2). Biorąc pod uwagę czynnik wodny, istotnie niższe wartości wskaźnika Fv/Fm odnotowano na obiekcie, gdzie zastosowano większy stres suszy (20% PPW) w porównaniu z pozostałymi obiektami (40 i 60% PPW).

Najniższe wartości wskaźnika funkcjonowania PS II (PI) odnotowano na obiekcie, na którym zastosowano silny stres suszy w fazie początku kwitnienia (F2-20), w porównaniu z obiektami, na których zastosowano lekki stres i warunki optymalne w fazie wegetatywnej (odpowiednio F1-40 i F1-60) oraz silny stres w fazie wypełniania strąków (F4-20). Najwyższe wartości wskaźnika PI odnotowano na obiektach, na których zastosowano lekki stres suszy i warunki optymalne w fazie początku kwitnienia, zawiązywania strąków i wypełniania strąków. Biorąc pod uwagę wartości średnie, wskaźnik PI był istotnie wyższy w fazie wegetatywnej, w porównaniu z pozostałymi fazami. Natomiast istotnie niższe wartości wskaźnika funkcjonowania PSII odnotowano na obiektach, gdzie zastosowano silny stres (20% PPW) w porównaniu z pozostałymi obiektami (40 i 60% PPW).

Zastosowane czynniki wpłynęły istotnie na wartość indeksu SPAD. Najniższe wartości tego wskaźnika odnotowano na obiekcie, na którym zastosowano silny stres suszy w fazie początku kwitnienia (F2-20), w porównaniu z obiektami, na których zastosowano lekki stres i warunki optymalne w fazie wegetatywnej (odpowiednio F1-40 i F1-60) oraz silny stres w fazie zawiązywania i wypełniania strąków (odpowiednio F3-20 i F4-20). Najwyższe wartości indeksu SPAD odnotowano na obiektach, na których zastosowano lekki stres suszy w fazie zawiązywania i wypełniania strąków

(odpowiednio F3-40 i F4-40) i w fazie początku kwitnienia w warunkach optymalnych (F2-60). Biorąc pod uwagę wartości średnie istotnie wyższym indeksem zieloności liścia charakteryzowały się rośliny w fazie zawiązywania i wypełniania nasion w porównaniu z fazą wegetacyjną i początku kwitnienia. Natomiast pod względem wilgotności gleby, silny stres suszy (20% PPW) spowodował istotnie obniżenie indeksu SPAD w porównaniu z obiektami, na których zastosowano lekki stres i warunki optymalne (odpowiednio 40 i 60% PPW).

Przeprowadzone badania wykazały, że silny stres suszy (20% PPW) powodował istotne pogorszenie funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego oraz obniżenie indeksu zieloności liścia w porównaniu z warunkami optymalnymi i lekkim stresem. Największą wrażliwość roślin na niedobór wody odnotowano w fazie początku kwitnienia, w której wartości parametrów fluorescencji chlorofilu oraz SPAD były szczególnie niskie przy silnym stresie. Uzyskane wyniki wskazują, że zarówno intensywność stresu wodnego, jak i faza rozwojowa mają istotne znaczenie dla efektywności funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego i kondycji roślin.

WPLYW WARUNKÓW WILGOTNOŚCIOWYCH GLEBY NA STRUKTURĘ ROŚLIN I PŁON ŁUBINU WĄSKOLISTNEGO (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)

KATARZYNA CZOPEK*, ANNA STĘPIEŃ-WARDA, MARIOLA STANIAK

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach,
Zakład Uprawy Roślin i Jakości Plonu, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: kczopek@iung.pulawy.pl

Łubin wąskolistny (*Lupinus angustifolius* L.) jest ważnym gatunkiem roślin strączkowych w Europie, wykorzystywanym zarówno w żywieniu zwierząt, jak również jako element poprawiający żyzność gleb dzięki symbiozie z bakteriami brodawkowymi. W ostatnich latach obserwujemy wyraźne zmiany klimatyczne, obejmujące spadek sum opadów w okresie wegetacyjnym oraz wzrost temperatury, co prowadzi do zwiększonego parowania wody z gleby i częstszego występowania susz. Deficyt wody ogranicza wzrost i rozwój roślin oraz obniża ich produktywność, szczególnie u gatunków wrażliwych na stres wodny w fazach generatywnych. Łubin wąskolistny wykazuje zróżnicowaną tolerancję na stres wodny, a jego wrażliwość jest szczególnie widoczna w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków.

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w 2024 roku w hali wegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach. Rośliny łubinu wąskolistnego (odm. Swing) poddawano 7-dniowemu stresowi suszy na poziomie 40% i 20% polowej pojemności wodnej (PPW) w czterech fazach rozwojowych: F1 – faza wegetacyjna, F2 – początek kwitnienia, F3 – początek zawiązywania strąków, F4 – wypełnianie strąków. Przed i po okresie stresu wilgotność gleby była utrzymywana na poziomie 60% PPW. Oceniano parametry struktury roślin (wysokość, wysokość do pierwszego strąka, liczba węzłów, długość międzywęźli, masa łodygi) oraz elementy struktury plonu (masa nasion, liczba nasion, liczba strąków, MTN, liczba nasion w strąku). Analizy statystyczne wykonano metodą ANOVA, a różnice między średnimi oceniano testem Tukey’a ($P \leq 0,05$).

Silny stres suszy w fazie początku kwitnienia (F2 i 20% PPW) istotnie ograniczał wysokość roślin, wysokość do pierwszego strąka, długość międzywęźli oraz masę łodygi. Elementy struktury plonu wykazywały mniejszą podatność na niedobór wody. Jedyną istotną różnicę odnotowano dla liczby strąków — silny stres w fazie F3 i 20% PPW ograniczył ich liczbę w porównaniu z F1 i 20% PPW. W kombinacjach F2 i 20% PPW oraz F3 i 20% PPW uzyskano najniższą masę i liczbę nasion na roślinę, jednak różnice nie były statystycznie istotne. Stabilność masy nasion przy krótkotrwałym stresie wskazuje, że krótkie epizody suszy częściej wpływają na liczbę organów generatywnych niż na MTN.

Łubin wąskolistny wykazuje największą wrażliwość na deficyt wody w fazie początku kwitnienia, co prowadzi do istotnego pogorszenia parametrów struktury roślin. Struktura plonu pozostaje względnie stabilna, z wyjątkiem liczby strąków, która spada przy silnym stresie w fazie F3. Wyniki podkreślają znaczenie utrzymania odpowiedniej wilgotności gleby w fazach generatywnych, szczególnie w kontekście nasilających się zmian klimatycznych.

**WPLYW RHIZOSUM N PLUS NA EFEKTY PRODUKCYJNE I EKONOMICZNE
ZIEMNIAKA SKROBIOWEGO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)**AGNIESZKA GINTER^{1*}, KRZYSZTOF GINTER²

¹ Uniwersytet w Siedlcach, Wydział Nauk Rolniczych, Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa,
ul. Bolesława Prusa 14, 08-110 Siedlce, Polska

² Właściciel gospodarstwa rolnego, w którym przeprowadzono dwuletni eksperyment polowy, ul. Łączna 7, 08-110
Siedlce, Polska

*e-mail: agnieszka.ginter@uws.edu.pl

Rolnictwo XXI wieku wymaga przemyślanych i racjonalnych praktyk produkcyjnych, szczególnie w kontekście ochrony środowiska i zdrowia człowieka. Znajomość terminu *zrównoważone rolnictwo* wśród producentów rolnych w Polsce, podobnie jak i innych krajach Unii Europejskiej (UE), obliguje do stosowania prośrodowiskowych rozwiązań w uprawie roślin rolniczych, w tym w produkcji ziemniaka skrobiowego (*Solanum tuberosum*). Świadomość wytycznych Zielonego Ładu UE w zakresie rolnictwa, z którego celami zapoznano się w grudniu 2019 roku, skutkuje upowszechnianiu aplikowania preparatów poprawiających właściwości gleby i umożliwiających redukcję nawożenia. Jednym z takich środków jest Rhizosum N plus, który według informacji producenta (Agrosimex Sp. z o.o.) może przyczyniać się do stymulacji wzrostu roślin, a przede wszystkim zastosowanie tego preparatu wpływa na obniżenie dawek nawozów azotowych o 20-50%. Z całą pewnością stanowi to przykład prośrodowiskowych praktyk rolniczych i gwarantuje redukcję kosztów uprawy. Rhizosum N plus zawiera bakterie azotowe *Azotobacter salinestris*, które wiążąc azot z powietrza, czynią go łatwo dostępnym dla uprawianej rośliny.

Celem przeprowadzonego dwuczynnikowego doświadczenia polowego, założonego metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach była analiza wpływu preparatu Rhizosum N plus na wyniki produkcyjno-ekonomiczne ziemniaka skrobiowego. Pierwszym czynnikiem były dwie odmiany uprawianej rośliny, Albatros (niemiecka odmiana) i Skawa (polska odmiana), a drugim pięć sposobów nawożenia azotowego, oznaczającego zredukowane dawki N z tytułu zastosowania wyżej wymienionego środka. Pierwszy sposób oznaczał obiekt kontrolny, gdzie stosowano 100% nawożenia azotowego, czyli 100 kg czystego N w postaci mocznika w formie amidowej (bez Rhizosum N plus), drugi sposób nawożenia azotowego dotyczył zastosowania 25 g Rhizosum N plus i 75% N, trzeci sposób obejmował 25 g Rhizosum N plus i 50% N, czwarty sposób 50 g badanego preparatu i 75% N, a w piątym sposobie nawożenia azotowego zredukowano je o 50%, aplikując 50 g Rhizosum N plus. Wielkość powierzchni jednego poletka w przeprowadzonym doświadczeniu polowym wynosiła:

a) do sadzenia = 6,00 m (dł.) x 3,00 m (szer.) = 18,00 m²

b) do zbioru = 6,00 m (dł.) x 2,32 m (szer.) = 13,92 m²

Uprawa roli jesienią i wiosną obejmowała zastosowanie kultywatora podorywkowego, orkę zimową, a na wiosnę kultywatorowanie połączone z zastosowaniem agregatu uprawowego. Nawożenie organiczne stanowił obornik bydlęcy w dawce 25t na jeden ha uprawy, a nawożenie mineralne, czyli NPK w przeliczeniu na czysty składnik: 100 kg N (wiosną), 80 kg P₂O₅ (jesień), 150 kg K₂O (jesień). Nawozy fosforowo-potasowe zastosowano na jesieni, tak jak obornik. Ochrona przeciw zarazie ziemniaka i stoncy ziemniaczanej była zgodna z zaleceniami IOR.

Wpływ Rhizosum N plus na analizowane wyniki produkcyjne tj. plon bulw i zawartość w nich skrobi był korzystny w obydwu latach badań. Szczególny tego wyraz zanotowano w przypadku odmiany Albatros. Zastosowanie prośrodowiskowego rozwiązania w zakresie nawożenia azotowego pozwoliło uzyskać nie tylko zbliżone plonowanie uprawianej rośliny, ale nieco większe. Plon bulw niemieckiej odmiany ziemniaka skrobiowego przy pełnym nawożeniu mineralnym (100% N) w 2023 roku wyniósł 31,3 t·ha⁻¹, a dzięki aplikowanemu preparatowi Rhizosum N plus osiągnięto korzystne wyniki (odpowiednio dla sposobów nawożenia: 2-5): 32,9 t·ha⁻¹, 35,1 t·ha⁻¹, 35,1 t·ha⁻¹, 36,3 t·ha⁻¹.

W przypadku drugiej uprawianej odmiany na obiekcie kontrolnym, w pierwszym roku badań, w porównaniu z odmianą Albatros, zanotowano większy plon bulw o ponad 5 ton z hektara, tj. $36,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a środek wiążący azot z powietrza w odmianie Skawa, zróżnicował rezultaty produkcyjne, które ukształtowały się następująco: dla drugiego sposobu nawożenia: $34,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, trzeciego $35,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, czwartego $34,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i piątego $37,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W uprawie obydwu odmian, najkorzystniejszym w 2023 roku rozwiązaniem ze względu na plon bulw, była redukcja mocznika o 50% w połączeniu z aplikowaniem 50 g Rhizosum N plus, czyli piąta kompilacja. Korzystniejsze wyniki produkcyjne polskiej odmiany Skawa należy tłumaczyć cechą odmianową. W drugim roku badań zanotowano podobne kierunki zmian w plonowaniu uprawianych odmian *Solanum tuberosum*.

W przypadku drugiej analizowanej cechy, tj. zawartości skrobi w bulwach ziemniaka przemysłowego stwierdzono, że aplikowany preparat wpłynął na uzyskanie bardzo zbliżonych wyników, jak w przypadku pełnej dawki N. W bulwach odmiany Albatros w 2023 roku zanotowano następujące wyniki (odpowiednio dla sposobów nawożenia azotowego: 1-5): pierwszy sposób 18,9%, drugi 17,9%, trzeci 19,8% oraz czwarty i piąty sposób: 19,1%. Bulwy odmiany Skawa charakteryzowały się większą, niż odmiana Albatros, zawartością skrobi, a mianowicie przy nawożeniu azotowym bez użycia badanego preparatu uzyskano wynik na poziomie 20,6%, w drugim sposobie łączonego nawożenia azotem osiągnięto 21,6%, w trzecim 20,9%, w czwartym 20,9%, a w piątym 19,9%. Należy dodać, że w przypadku rozpatrywanej cechy, najkorzystniejsze efekty zanotowano w przypadku sposobów: trzeciego dla odmiany Albatros i drugiego dla bulw Skawy. W drugim roku przeprowadzonych badań zanotowano podobne zmiany zawartości skrobi w uprawianych odmianach ziemniaka przemysłowego.

Koszty nawożenia azotowego, które ukazano według cen bieżących z danego roku analizy, w drugim roku badań były wyraźnie mniejsze. Wpłynęła na to nie tylko cena zastosowanego preparatu, która w 2023, w porównaniu z 2024 rokiem, była większa o 10 zł, tj. $140 \text{ zł} \cdot 25 \text{ g}^{-1}$, ale przede wszystkim znacząca fluktuacja cen nawozów mineralnych, w tym mocznika. W 2024 roku, w porównaniu z pierwszym rokiem badań, spadła ponad dwukrotnie, z 480 zł do 198 zł za 100 kg (1dt). Zmiany uwarunkowań rynkowych cen nawozów wpłynęły na większy poziom kosztów nawożenia azotowego na obiekcie kontrolnym w pierwszym roku analizy. Podobnie kształtujące się koszty zastosowanych rozwiązań z preparatem Rhizosum N plus były efektem zanotowanych zmian. Koszty pełnego nawożenia azotowego w 2023 roku wyniosły $1044,0 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, a rok później zmniejszyły się do $434,0 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$. W pierwszym roku analizy ekonomicznej zaobserwowano, że dzięki aplikowaniu preparatu (sposoby 2., 3. i 5.) i jednoczesnej redukcji stosowanego mocznika, koszty nawożenia azotowego były mniejsze. W drugim roku badań sytuacja kształtowała się odmiennie, tylko w przypadku trzeciego sposobu nawożenia azotowego osiągnięto mniejsze nakłady produkcyjne w ujęciu wartościowym.

Niezależnie od wyników ekonomiki produkcji ziemniaka skrobiowego, należy podkreślić pozytywny charakter zastosowanych, prośrodowiskowych praktyk rolniczych, szczególnie, że dzięki Rhizosum N plus uzyskano podobny poziom produktywności. Rozwiązania propagujące ochronę środowiska, w tym szczególnie gleby, należy upowszechniać i wdrażać do praktyki rolniczej.

**REAKCJA PSZENICY ORKISZ ODMIANY ‘ROKOSZ’ NA INTENSYWNOŚĆ
OCHRONY ŁANU I NAWOŻENIA AZOTEM**

MAŁGORZATA HALINIARZ*, DOROTA GAWĘDA, EWA KWIECIŃSKA-POPPE, EDYTA BERNAT

*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Herbologii i Technik Uprawy Roślin, 20-950 Lublin, ul. Akademicka 13
Pełna afiliacja – Uniwersytet/Instytucja, Wydział, Zakład/Katedra, adres***e-mail: malgorzata.haliniarz@up.edu.pl*

Pszenica orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) należy do najstarszych gatunków pszenicy uprawianych przez człowieka i jest ceniona ze względu na wysoką wartość odżywczą ziarna oraz stosunkowo niewielkie wymagania siedliskowe. Jakość ziarna orkiszu kształtowana jest zarówno przez czynniki genetyczne i środowiskowe, jak również przez stosowaną agrotechnikę, w tym poziom nawożenia azotem i intensywność ochrony fungicydowej. Celem badań była ocena wpływu zróżnicowanej ochrony przed chorobami grzybowymi oraz nawożenia azotem na wybrane cechy jakościowe ziarna ozimej pszenicy orkisz odmiany „Rokosz”, uprawianej w warunkach południowo-wschodniej Polski.

Badania polowe prowadzono w latach 2018–2021 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. W doświadczeniu zastosowano cztery warianty ochrony fungicydowej: kontrolę bez fungicydów oraz warianty obejmujące dwa, trzy i cztery zabiegi. Drugim czynnikiem było nawożenie azotem w dawkach 0, 70, 100 i 130 kg N·ha⁻¹. Oceniano m.in. zawartość białka ogółem, glutenu, skrobi, błonnika pokarmowego i tłuszczu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny’ego oraz skład aminokwasowy ziarna. Wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem analizy wariancji i testu Tukey’a przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Wykazano, że zarówno intensywność ochrony fungicydowej, jak i poziom nawożenia azotem istotnie wpływały na wiele parametrów jakościowych ziarna orkiszu. Zwiększenie liczby zabiegów fungicydowych sprzyjało wzrostowi zawartości białka, glutenu i skrobi. Najwyższą średnią zawartość białka ogółem (12,09%) oraz skrobi (55,83%) stwierdzono po zastosowaniu czterech zabiegów fungicydowych. Wyraźny wpływ na skład chemiczny ziarna miało również nawożenie azotem. Zwiększenie dawki azotu z 70 do 130 kg N·ha⁻¹ powodowało wzrost zawartości białka, glutenu, błonnika pokarmowego i tłuszczu. Przy najwyższej dawce azotu średnia zawartość białka wynosiła 12,58%, a glutenu 30,33%. Wzrost nawożenia azotem korzystnie wpływał także na skład aminokwasowy ziarna oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny’ego. Warunki pogodowe w poszczególnych sezonach istotnie modyfikowały zawartość białka, glutenu oraz wartość tego wskaźnika.

Ze względu na korzystną reakcję orkiszu odmiany „Rokosz” na ochronę fungicydową i nawożenie azotem, odmiana ta może być rekomendowana do uprawy, szczególnie w technologii integrowanej, zakładającej umiarkowane stosowanie chemicznych środków ochrony roślin oraz nawozów mineralnych. Rekomendacja ta może również dotyczyć innych nowych odmian orkiszu wykazujących cechy zbliżone do pszenicy zwyczajnej.

THE USE OF PRECISION FARMING SYSTEMS IN POLAND AND SLOVAKIAKRZYSZTOF KAPELA^{1*}, MIROSLAV PRÍSTAVKA², PAVOL FINDURA²¹*University of Siedlce, Faculty of Agricultural Sciences, B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, Poland*²*Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Tr. A. Hlinku 2, 94901 Nitra, Slovakia*

*e-mail: krzysztof.kapela@uws.edu.pl

The use of precision farming systems in Poland and Slovakia is currently one of the most important manifestations of the technological transformation of the agri-food sector in Central and Eastern Europe. This process is a direct response to the contemporary economic and environmental challenges facing food producers. The rapid increase in the prices of inputs such as mineral fertilizers, fuels, and chemical plant protection products, combined with the increasingly restrictive requirements of EU climate policy, is forcing farmers to seek solutions that optimize every stage of field operations. In this context, precision farming, also known as Agriculture 4.0, offers tools enabling a shift from traditional, average management to management based on real, spatially localized data. The foundation of these technologies is the use of high-accuracy GPS and GNSS satellite navigation systems, which work in conjunction with modern machinery, satellite remote sensing systems, and advanced software for spatial data analysis and herd management.

Although Poland and Slovakia share similar historical and geographical circumstances and have operated under the same European Union Common Agricultural Policy since 2004, the models for implementing agrotechnical innovations in the two countries differ. A key factor determining these differences is the specificity of their agrarian structure. Poland is characterized by extreme fragmentation of farms, with the average area of agricultural land per farm being only a dozen or so hectares, and the rural landscape dominated by millions of small and medium-sized businesses. In such conditions, the full implementation of advanced, extremely expensive precision farming systems becomes an economic challenge. These investments are profitable and common, primarily on large commercial farms exceeding 100 hectares, as well as on specialized vegetable and fruit farms. Smaller Polish farmers implement precision technologies selectively and in stages, most often opting for basic parallel driving systems that prevent overlapping machine runs, resulting in immediate savings in fuel consumption and operating time.

The situation in Slovakia is completely different due to its distinct structural heritage. The Slovak agricultural sector is characterized by one of the highest average farm sizes in the European Union, often exceeding several hundred, and in the case of large cooperatives and agroholdings, even several thousand hectares. Slovak agricultural enterprises have significantly greater investment capital and creditworthiness, allowing them to comprehensively and systematically equip entire machinery fleets with integrated digital solutions. As a result, large-scale agriculture in Slovakia has adopted advanced techniques much more quickly and extensively, such as digital soil nutrient mapping using electromagnetic scanners, automatic control systems for sprayer and seed drill sections, and advanced analytics for real-time yield data.

The common denominator for both countries is the areas where these technologies deliver the most tangible benefits, as well as the motivations of the farmers themselves. Variable Rate Application (VRA) technology is the most popular, enabling the application of mineral fertilizers and lime in doses precisely tailored to local soil fertility and the yield potential of a specific field. This is achieved using both application maps prepared based on prior soil sampling and optical sensors installed on tractors (e.g., N-Sensors), which measure plant nitrogen levels in real time. Free access to satellite data from the European Copernicus program is also gaining importance in Poland and Slovakia. Sentinel satellites allow farmers to regularly monitor crop health using vegetation indicators such as NDVI, enabling the rapid detection of disease outbreaks, agricultural drought, or nutrient deficiencies without the need to physically survey the entire area. Additionally, in both countries the

role of unmanned aerial vehicles is growing dynamically, which are used not only to create precise maps, but also for the point application of biological plant protection products.

The aim of this study is to analyze the implementation level, barriers, and development prospects for precision agriculture in Poland and Slovakia. The current state of use of precision agriculture systems (Agriculture 4.0) in both countries is presented against the backdrop of structural conditions. The definition and origins of precision agriculture, key technologies (GPS/GNSS systems, yield mapping, variable-rate inputs, remote sensing, and drones), as well as factors determining the pace and scope of adoption of these solutions are discussed. Numerical data on the agrarian structure of both countries and the level of farmer awareness are summarized. It demonstrates that in both countries, the implementation of precision technologies is at a relatively early stage. In Poland, agrarian fragmentation remains a key barrier, while in Slovakia, the larger average farm size theoretically favors fuller adoption, although this development remains niche. Common challenges for both countries are also identified: investment costs, a deficit of farmers' digital skills, and limited institutional support.

Precision agriculture in Poland and Slovakia is developing in a way that reflects the different agrarian structures of both countries, while remaining at a similar, still early stage of adoption across the Central European region. In Poland, the dominant adoption strategy remains the gradual, selective implementation of less expensive digital solutions, adapted to the realities of fragmented agriculture, while in Slovakia, the larger scale of farms is fostering the development of more comprehensive systems and the domestic agritech sector. In both countries, the further development of precision agriculture will depend on the availability of financial support, improved digital skills of farmers, and the adaptation of technological offerings to local climatic and structural conditions.

The prospects for the development of precision agriculture in Poland and Slovakia appear to be an inevitable and sustainable process. The main driving force in the coming years will remain the stringent guidelines of the EU Green Deal and the "From Farm to Fork" strategy, which require member states to radically reduce the use of pesticides and fertilizers. Achieving these goals without a drastic decline in production efficiency and farm profitability will only be possible through the widespread use of precision technologies. The digitization of rural areas in both countries will be supported by dedicated subsidy programs, such as the National Recovery Plan in Poland and similar modernization mechanisms in Slovakia, which will gradually bridge the technological gap between smaller and larger market players. In the long term, precision agriculture in this region will evolve towards full autonomy, with agrotechnical decisions increasingly supported by artificial intelligence algorithms analyzing data from networks of IoT sensors deployed directly in agricultural fields.

**DROGA DO ZRÓWNOWAŻONYCH NAWOZÓW: OGRANICZENIA I SZANSE
DLA TECHNOLOGII ODZYSKU SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH**

MONIKA KARSZNIA^{1*}, PIOTR SKOWRON¹, DAMIAN WACH¹, ALEKSANDRA BIBOW²,
AGATA WITOROŻEC-PIECHNIK³

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB), ¹Zakład Nawożenia i Zarządzania Składnikami Pokarmowymi, ²Zakład Fitochemii, ³Zakład Agroekologii i Ekonomiki,
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

** e-mail: mkarsznia@iung.pulawy.pl*

Odzysk składników pokarmowych z surowców wtórnych staje się jednym z kluczowych elementów przejścia europejskiego rolnictwa w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym. Rosnące oczekiwania dotyczące ograniczenia stosowania nawozów mineralnych, zmniejszenia ilości odpadów oraz poprawy efektywności wykorzystania zasobów sprawiają, że technologie odzysku składników pokarmowych nabierają strategicznego znaczenia. Pomimo rosnącego zainteresowania i postępu technologicznego, sektor rozwija się wolniej, niż wskazywałby na to jego potencjał.

Prace prowadzone w projekcie FERTITEC (Horizon CSA 101181513) miały na celu kompleksową ocenę aktualnego stanu rozwoju technologii odzysku składników pokarmowych oraz identyfikację czynników hamujących ich upowszechnienie. Zastosowano czteroelementową metodologię obejmującą: przegląd literatury naukowej z wykorzystaniem publicznie dostępnych baz danych, analizę raportów z 15 tematycznie powiązanych projektów UE, analizę dotychczasowych wyników projektu FERTITEC oraz badanie opinii 43 ekspertów z wykorzystaniem ankiet.

Wyniki projektu FERTITEC wskazują, że mimo rosnącego znaczenia technologii odzysku, ich wdrażanie napotyka liczne ograniczenia technologiczne, regulacyjne, ekonomiczne oraz społeczne. Jednocześnie wiele z tych ograniczeń można przekształcić w realne szanse rozwojowe.

Wiele technologii odzysku nadal znajduje się na poziomie średniej lub niepełnej dojrzałości technologicznej (TRL 6-8), bez weryfikacji w warunkach komercyjnych, a ich integracja z istniejącą infrastrukturą bywa trudna. Dodatkowym problemem jest zmienna jakość surowców, ich sezonowość oraz obecność zanieczyszczeń, co utrudnia stabilne prowadzenie procesów. Ograniczenia te mogą jednak sprzyjać rozwojowi technologii modułowych, bardziej odpornych na zmienność surowców oraz wspierać proces standaryzacji produktów nawozowych.

Różnice w krajowych interpretacjach przepisów dotyczących nawozów, pozwoleń środowiskowych i klasyfikacji produktów między państwami Unii Europejskiej, tworzą formalne bariery utrudniające wprowadzanie alternatywnych nawozów na rynek. Niespójność regulacji, niejasne kryteria statusu końca odpadu oraz skomplikowane procedury administracyjne powodują niepewność po stronie producentów. Jednocześnie rosnąca potrzeba ujednolicenia zasad w całej Unii Europejskiej stwarza szansę na wypracowanie wspólnych standardów, które zwiększą przewidywalność rynku i ułatwią działalność transgraniczną.

W obszarze ekonomicznym kluczowym ograniczeniem są wysokie koszty inwestycyjne i operacyjne oraz wysoka niepewność dotycząca czasu zwrotu inwestycji. Dodatkowo niska koncentracja składników w wielu alternatywnych produktach nawozowych zwiększa koszty transportu i ogranicza zasięg ich dystrybucji. Jednak rosnące ceny nawozów mineralnych oraz potrzeba zwiększenia bezpieczeństwa surowcowego Europy mogą stopniowo poprawiać konkurencyjność technologii odzysku, zwłaszcza przy wsparciu instrumentów finansowych ograniczających ryzyko inwestycyjne.

Niska akceptacja społeczna produktów pochodzących z odpadów, obawy dotyczące jakości i bezpieczeństwa oraz ograniczona wiedza o korzyściach środowiskowych i agronomicznych powodują, że rynek rozwija się wolniej niż możliwości technologiczne. Niewystarczająca komunikacja między interesariuszami dodatkowo pogłębiają te problemy. Jednak rosnące zainteresowanie rolnictwem ekologicznym oraz praktykami ograniczającymi straty składników

pokarmowych tworzy warunki sprzyjające budowaniu zaufania poprzez działania edukacyjne, doradcze i projekty demonstracyjne.

Wyniki projektu FERTITEC wskazują, że technologie odzysku składników pokarmowych znajdują się w punkcie zwrotnym: z jednej strony napotykają liczne ograniczenia, z drugiej – mają wyjątkową szansę, by stać się ważnym elementem transformacji rolnictwa w kierunku zrównoważonego rozwoju. Uporządkowanie przepisów, zwiększenie wsparcia finansowego, podnoszenie dojrzałości technologicznej oraz budowanie zaufania użytkowników to działania, które mogą przekształcić obecne wyzwania w trwałe możliwości rozwojowe. Realizacja tych działań jest warunkiem koniecznym do pełnego wykorzystania potencjału rynku zrównoważonych nawozów, dalszego rozwoju technologii odzysku składników pokarmowych oraz poprawy bezpieczeństwa surowcowego rolnictwa w Europie i poza nią.

**PRZEGLĄD NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANYCH TECHNOLOGII ODZYSKU
SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH – ANALIZA PROJEKTU FERTITEC**

MONIKA KARSZNIA^{1*}, PIOTR SKOWRON¹, DAMIAN WACH¹, ALEKSANDRA BIBOW²,
AGATA WITOROŻEC-PIECHNIK³

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB), ¹Zakład Nawożenia i Zarządzania Składnikami Pokarmowymi, ²Zakład Fitochemii, ³Zakład Agroekologii i Ekonomiki,
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

** e-mail: mkarsznia@iung.pulawy.pl*

W europejskich systemach produkcji rolnej i komunalnej powstają znaczne ilości strumieni organicznych, które po odpowiednim przetworzeniu mogą stanowić wartościowe źródło składników pokarmowych do ponownego wykorzystania. Zróżnicowanie tych materiałów wymaga stosowania technologii umożliwiających odzysk składników pokarmowych z różnych typów surowców oraz ich przekształcenie w pełnowartościowe alternatywne produkty nawozowe. W praktyce funkcjonuje wiele rozwiązań różniących się zakresem działania, wymaganiami technologicznymi i poziomem dojrzałości operacyjnej, jednak wiedza na ich temat pozostaje rozproszona w licznych projektach i raportach. Projekt FERTITEC przeprowadził szczegółową analizę tych rozwiązań, identyfikując technologie najczęściej stosowane w praktyce oraz oceniając ich dojrzałość operacyjną i potencjał wdrożeniowy.

W ramach projektu przeprowadzono syntetyczny przegląd 190 technologii, technik i praktyk służących do odzysku i recyklingu składników pokarmowych z surowców wtórnych, funkcjonujących w Europie oraz w wybranych państwach Unii Afrykańskiej. Dane zgromadzono na podstawie 19 projektów unijnych i krajowych oraz lokalnych inicjatyw Unii Afrykańskiej. Każdą praktykę opisano pod kątem rodzaju surowca, charakterystyki procesu, typu produktu końcowego oraz poziom gotowości technologicznej (TRL). Zestawienie uzupełniono o 24 wywiady eksperckie, obejmujące doradców, producentów, organizacje branżowe i jednostki badawcze, co pozwoliło połączyć wiedzę technologiczną z perspektywą praktyczną, rynkową i regulacyjną.

Zebrane dane wskazują, że ponad połowę wszystkich strumieni surowcowych stanowi biomasa rolnicza, obejmująca m.in. obornik, poferment, resztki roślinne, odpady paszowe oraz surowce wtórne takie jak popiół, biowęgiel czy struwit. Najrzadziej wykorzystywana jest tzw. biomasa niebieska, obejmująca produkty uboczne z przetwórstwa ryb i skorupiaków, glony oraz osady z akwakultury. Różnice w wykorzystaniu poszczególnych typów biomasy wynikają przede wszystkim z lokalnej dostępności surowców oraz lokalizacji instalacji przetwarzania.

Przegląd technologii pozwolił wyróżnić kilka dominujących kategorii procesów. Największą grupę stanowią rozwiązania oparte na fermentacji beztlenowej, często uzupełnione separacją pofermentu, koncentracją składników oraz odzyskiem azotu w postaci soli amonowych. Drugą istotną kategorię tworzą technologie kompostowania i stabilizacji tlenowej, stosowane głównie do przetwarzania biomasy rolniczej, odpadów zielonych i frakcji organicznych pochodzenia komunalnego, prowadzące do uzyskania stabilnych produktów organicznych. Ważną grupę stanowią również procesy chemicznego odzysku składników pokarmowych, obejmujące strącanie fosforu w formie struwitu, odzysk amoniaku poprzez odgazowanie i absorpcję oraz techniki membranowe służące do zwiększenia koncentracji składników pokarmowych. W zestawieniu uwzględniono także technologie termiczne, takie jak piroliza, umożliwiającą wytwarzanie biowęgla.

Wyniki mapowania pokazują, że większość analizowanych rozwiązań charakteryzuje się wysokim poziomem dojrzałości technologicznej. Znaczna część technologii osiąga poziom TRL 8–9, co potwierdza ich funkcjonowanie w rzeczywistych warunkach oraz stabilność operacyjną. Oznacza to, że główne bariery wdrażania wynikają nie z ograniczeń technologicznych, lecz z uwarunkowań regulacyjnych, ekonomicznych i logistycznych. Do najczęściej wskazywanych

wyzwań należą: złożone procedury rejestracji produktów nawozowych, wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, zmienna jakość surowców oraz niski poziom zaufania użytkowników końcowych.

Analiza produktów końcowych wykazała, że technologie odzysku prowadzą do powstawania trzech głównych rodzajów produktów nawozowych: organicznych, organiczno-mineralnych oraz mineralnych uzyskiwanych w procesach chemicznych. Rodzaj produktu jest bezpośrednio związany z typem przetwarzanego surowca oraz zastosowaną technologią, co podkreśla znaczenie właściwego doboru ścieżki technologicznej do lokalnych warunków i dostępnych strumieni materiałowych.

Podsumowując, wyniki projektu FERTITEC pokazują, że technologie odzysku składników pokarmowych są szeroko dostępne, zróżnicowane i w dużej mierze gotowe do wdrażania na większą skalę. Ich skuteczne upowszechnienie wymaga jednak działań wspierających, obejmujących zwiększenie spójności przepisów, rozwój systemów certyfikacji, usprawnienie logistyki oraz budowanie zaufania użytkowników. Zgromadzona baza wiedzy stanowi wartościowe narzędzie dla decydentów, doradców i operatorów instalacji, umożliwiając dobór technologii odpowiednich do lokalnych warunków, dostępnych surowców i potrzeb rynku.

STRATEGICZNE UWARUNKOWANIA WDRAŻANIA TECHNOLOGII ODZYSKU SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

MONIKA KARSZNIA^{1*}, DAMIAN WACH¹, PIOTR SKOWRON¹, AGATA WITOROŻEC-PIECHNIK²,
ALEKSANDRA BIBOW³

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB), ¹Zakład Nawożenia i Zarządzania Składnikami Pokarmowymi, ²Zakład Agroekologii i Ekonomiki, ³Zakład Fitochemii,
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

** e-mail: mkarsznia@iung.pulawy.pl*

Postępująca transformacja europejskiego rolnictwa w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym wymaga wdrażania technologii umożliwiających odzysk składników pokarmowych z surowców wtórnych oraz rozwój rynku nawozów alternatywnych. Pomimo rosnącego zainteresowania tym obszarem i coraz większego wsparcia politycznego ze strony Unii Europejskiej, sektor wciąż napotyka liczne bariery utrudniające jego stabilny rozwój. W projekcie FERTITEC przeprowadzono pogłębioną analizę SWOT, której celem było określenie strategicznych uwarunkowań wdrażania technologii odzysku składników pokarmowych, z uwzględnieniem zarówno czynników wewnętrznych, jak i zewnętrznych wpływających na funkcjonowanie rynku nawozów alternatywnych.

Analiza SWOT została wybrana jako narzędzie umożliwiające syntetyczne ujęcie złożonych procesów technologicznych, regulacyjnych i rynkowych. Metoda ta pozwala na równoczesne rozpoznanie zasobów i kompetencji sprzyjających wdrażaniu technologii odzysku oraz identyfikację barier i zagrożeń wynikających z otoczenia prawnego, ekonomicznego i społecznego. Podstawą opracowania były wyniki przeglądu literatury naukowej, analizy wcześniejszych projektów europejskich, badania rynku i regulacji oraz badania ankietowe. Na tej podstawie wybrano pięć najistotniejszych czynników w każdej kategorii SWOT (mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia), które następnie zostały ocenione przez ekspertów. Grupa 29 międzynarodowych specjalistów w dziedzinie technologii gospodarki o obiegu zamkniętym przypisała tym czynnikom wagi i oceny wpływu, co umożliwiło obliczenie wyników ważonych dla każdej kategorii. Na podstawie uzyskanych wyników określono główne tendencje w otoczeniu projektu oraz oceniono potencjał technologii odzysku, stanowiący podstawę do wyboru strategii najbardziej adekwatnej dla dalszego rozwoju rynku.

Stwierdzono, że technologie odzysku składników pokarmowych dysponują istotnymi mocnymi stronami, które mogą stanowić fundament ich dalszego rozwoju. Do najważniejszych zaliczono dużą dostępność surowców wtórnych, istnienie regulacji umożliwiających wprowadzanie nawozów alternatywnych na rynek oraz rozwinięty potencjał badawczo-innowacyjny w Europie. Czynniki te tworzą solidne podstawy do rozwoju technologii odzysku, zwłaszcza w kontekście rosnącego zapotrzebowania na rozwiązania ograniczające zużycie nawozów mineralnych.

Jednocześnie analiza ujawniła istotne słabe strony, które wymagają długofalowych działań naprawczych. Należą do nich przede wszystkim zmienny skład surowców, obecność nowych zanieczyszczeń, wysokie koszty inwestycyjne i operacyjne oraz trudności logistyczne wynikające z lokalnego charakteru dostępności surowców. Wskazano również na niewystarczającą dojrzałość technologiczną części rozwiązań, co ogranicza ich skalowalność i komercjalizację.

W otoczeniu zewnętrznym zidentyfikowano zarówno czynniki sprzyjające rozwojowi technologii odzysku, jak i poważne zagrożenia. Do najważniejszych szans zaliczono działania Unii Europejskiej na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym, wzrost cen nawozów mineralnych oraz rozwój programów edukacyjnych i systemów certyfikacji wzmacniających zaufanie do nawozów alternatywnych. Z drugiej strony, sektor funkcjonuje w warunkach złożonych i niejednorodnych regulacji dotyczących produkcji i rejestracji nawozów, niskiego poziomu wiedzy i zaufania wśród

rolników oraz silnej dominacji nawozów mineralnych na rynku. Dodatkowym zagrożeniem jest niepewność inwestycyjna wynikająca z braku stabilnego rynku zbytu.

Zestawienie wartości ważonych dla wszystkich kategorii SWOT wskazuje, że technologie odzysku składników pokarmowych charakteryzują się przewagą mocnych stron nad słabymi, lecz jednocześnie funkcjonują w otoczeniu zdominowanym przez zagrożenia. Taka konfiguracja prowadzi do wyboru strategii konserwatywnej typu „maxi-mini”, ukierunkowanej na wykorzystanie zasobów wewnętrznych w celu ograniczania negatywnych skutków czynników zewnętrznych. Oznacza to konieczność wzmacniania pozycji rynkowej technologii odzysku poprzez stabilizację procesów produkcyjnych, optymalizację kosztów, rozwój produktów oraz działania ukierunkowane na budowanie zaufania użytkowników i odbiorców końcowych.

Wnioski z analizy SWOT pokazują, że technologie odzysku składników pokarmowych mogą odegrać kluczową rolę w przekształcaniu rolnictwa w kierunku zrównoważonego rozwoju. Jednak ich upowszechnienie wymaga równoległych działań w obszarze regulacji, edukacji, finansowania oraz rozwoju technologicznego. Niezbędne jest stworzenie stabilnych warunków rynkowych i prawnych, które umożliwią wykorzystanie istniejących zasobów oraz pozwolą na stopniowe ograniczanie wpływu zagrożeń zewnętrznych. W perspektywie średnioterminowej to właśnie strategiczne zarządzanie mocnymi stronami i minimalizowanie zagrożeń będzie decydować o tempie i kierunku rozwoju technologii odzysku składników pokarmowych w gospodarce o obiegu zamkniętym.

**WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM I SIARKĄ NA ZAWARTOŚĆ I POBRANIE
FOSFORU I KRZEMU PRZEZ BIOMASĘ PSZENICY JAREJ**HANNA KLIKOCA^{1*}, ANNA PODLEŚNA², JANUSZ PODLEŚNY²¹Uniwersytet Przyrodniczy, Wydział Agrobiotechnologii, Katedra Ekonomii i Agrobiznesu,
20-950 Lublin, ul. Akademicka 13,²Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, 24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8

*e-mail: hanna.klikocka@up.edu.pl

Przy podnoszeniu wydajności i jakości *sensu stricto* produkcji roślinnej bardzo ważną rolę odgrywa zbilansowane nawożenie. W ostatnich latach przy ustalaniu potrzeb pokarmowych roślin, bierze się pod uwagę siarkę. To pierwiastek, który w latach 80. XX wieku był postrzegany w paradygmacie wyłącznie niekorzystnego oddziaływania jego związków na ekosystemy. Jednakże w wyniku coraz częściej pojawiających się sygnałów o deficytach siarki w glebie, zainteresowanie tymże składnikiem pokarmowym w kontekście jego niezbędności wzrosło. Niedobór siarki w glebach w wielu częściach świata doprowadził do stosowania nawozów siarkowych w celu zwiększenia produkcji i jakości upraw. Także drugi analizowany w pracy składnik pokarmowy – azot jest bardzo ważny w produkcji roślinnej, ponieważ w największym stopniu decyduje o wielkości oraz jakości zebranego plonu.

Fosfor i krzem odgrywają kluczową rolę w zwiększaniu odporności roślin na stres. Krzem odkłada się w ścianach komórkowych, zwiększając odporność rośliny na uszkodzenia mechaniczne oraz ataki szkodników i chorób, które mają trudności z przebicciem się przez twardsze podłoże. Wzmocnione ściany komórkowe zmniejszają nadmierny stres wodny i termiczny. Krzem pomaga roślinie radzić sobie z nadmiarem pierwiastków toksycznych w glebie, takich jak glin, żelazo i mangan, tworząc z nimi nierozpuszczalne polimery. Fosfor jest niezbędny dla procesów energetycznych i struktury komórek. Stymuluje prawidłowy i intensywny rozwój systemu korzeniowego oraz zwiększa odporność rośliny na suszę. Jesienne nawożenie fosforem i potasem zwiększa odporność roślin na niskie temperatury. Fosfor poprawia ogólną kondycję i vitalność rośliny, pozwalając jej lepiej radzić sobie z różnymi czynnikami stresowymi. Niektóre badania dowodzą, że istnieje silna konkurencja między jonami fosforanowymi H_2PO_4 i krzemowymi H_3SiO_4 o miejsca sorpcji w glebie. Związki krzemowe optymalizują żyzność gleby poprzez poprawę jej właściwości wodnych, fizycznych i chemicznych oraz utrzymanie fosforu w postaci dostępnej dla roślin. Inne badania dowodzą, że nawożenie krzemem indukuje pewne zmiany w morfologii korzeni. W konsekwencji, większy rozkład masy korzeniowej, długość korzeni, powierzchnia korzeni oraz liczba i długość włókników i korzeni bocznych korzystnie wpływają na roślinę, zwiększając pobieranie kilku składników odżywczych, w tym fosforu.

W celu rozpoznania wpływu azotu i siarki nawozowej na zawartość oraz pobrane fosforu i krzemu przez biomasę pszenicy jarej oraz stosunku Si:P w poszczególnych fazach wzrostu (BBCH 30-31: w liściach, BBCH 55-59: w całych roślinach, BBCH 89-9: w ziarnie i słomie) przeprowadzono trzyletnie doświadczenie polowe stosując różne dawki azotu (0, 40, 80, 120 kg ha⁻¹) i siarki (0, 50 kg ha⁻¹). Eksperyment polowy zlokalizowano we wsi Malice, położonej w południowo-wschodniej Polsce (E 23°45', N 50°42').

Studia nad nawożeniem pszenicy jarej odmiany Tybalt na glebie Cambisols azotem i siarką wykazały ich istotny wpływ na zawartość i pobranie fosforu oraz krzemu przez fitomasę w fenofazie BBCH 30-31, BBCH 55-59 i BBCH 89-92. Również istotny wpływ nawożenia N i S stwierdzono na wzajemny stosunek Si : P w poszczególnych częściach roślin w badanych fazach. Generalnie wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem i siarką wzrastał plon fitomasy i ziarna w analizowanych fenofazach. Stwierdzono, że warunki pogodowe wpływają na zawartość i pobranie krzemu przez biomasę. Jednak przebieg pogody nie różnicował zawartości krzemu w ziarnie. Udowodniono istotną dodatnią korelację pomiędzy zawartością fosforu i krzemu, co oznacza, że oba pierwiastki nie działają

na siebie antagonistycznie. Jednakże z drugiej strony można zauważyć wystąpienie ujemnej korelacji pomiędzy zawartością w roślinie fosforu a pobraniem przez nie krzemu. To oznacza, że krzem jest silniej pobierany przez rośliny w warunkach nawożenia azotem i siarką. Świadczy o tym rozszerzenie stosunku Si : P i fakt, że rośliny akumulowały przeciętnie 3,5 razy więcej krzemu niż fosforu. Najwięcej krzemu stwierdzono w zielonych częściach roślin w fazie BBCH 30-31 (średnio 23,29 g kg⁻¹) i BBCH 55-59 (średnio 18,97 g kg⁻¹), blisko o połowę mniej w słomie BBCH 89-92 (średnio 14,55 g kg⁻¹) i tysiąc razy mniej w ziarnie (BBCH 89-92) (średnio 15,44 mg kg⁻¹).

Dlatego też na podstawie przeprowadzonych badań zaleca się stosowanie nawożenia azotem, do najkorzystniejszej dawki N, wynoszącej 80 kg ha⁻¹ oraz suplementację siarki w dawce 50 kg ha⁻¹. Układ ten, w warunkach glebowo-klimatycznych prezentowanego doświadczenia gwarantuje korzystne plonowanie pszenicy jarej i optymalne środowisko do akumulacji przez rośliny fosforu i krzemu.

Tabela 1. Wpływ stosowania azotu i siarki na stosunek Si : P lub P : S w biomase pszenicy jarej (t ha⁻¹)

Nawożenie		Stosunek				
S	N	Si : P		P : Si		Si : P
		BBCH 30-31	BBCH 55-59	BBCH89-92		
		łodygi +liście	całe rośliny	słoma	ziarno	słoma+ziarno
	0	5.001a*	2.618a	2.769d	358.1a	2.194e
0S	40	5.239a	2.975a	3.095cd	282.4a	2.601d
(N×S)	80	6.145a	3.321a	3.264cd	262.6a	2.816cd
	120	7.356a	3.713a	3.526c	256.9a	3.215c
	0	5.604a	3.054a	3.090d	309.7a	2.485d
50S	40	6.071a	3.306a	3.503c	274.3a	3.008c
(N×S)	80	6.864a	3.665a	4.007b	256.9a	3.676b
	120	7.490a	3.820a	4.495a	219.7a	4.040a
F-wartość, p		0.7 ^{ni.}	1.8 ^{ni.}	7.9*	0.90 ^{ni.}	4.9*
Średnio (S)	0S	5.935b	3.157b	3.163b	290.0a	2.707b
	50S	6.507a	3.461a	3.774a	265.1a	3.302a
F-wartość, p		9.1*	34.6**	130.3***	4.96 ^{ni.}	83.6***
Średnio (N)	0N	5.302c	2.836d	2.930d	333.9a	2.339d
	40	5.655c	3.140c	3.299c	278.3b	2.804c
	80N	6.505b	3.493b	3.635b	259.7bc	3.246b
	120N	7.432a	3.766a	4.010a	238.3c	3.628a
F-wartość, p		25.0**	61.6***	74.7***	13.43*	73.0***
Średnio (Y)	2009	6.117b	3.308b	3.009c	269.2a	2.626c
	2010	7.042a	2.806c	3.313b	284.8a	2.866b
	2011	5.505c	3.813a	4.084a	278.7a	3.521a
F-wartość, p		22.3**	125.9***	143.1***	0.66 ^{ni.}	67.3***

*Różne litery w tej samej kolumnie oznaczają istotne różnice przy $p \leq 0,05$; ***, ** i * oznaczają istotność odpowiednio przy $p < 0,001$, $< 0,01$ i $< 0,05$; ni — nieistotne

Literatura:

Klikocka H., Podleśna A., Podleśny J. Impact of Nitrogen and Sulphur Fertilisation on the Phosphorus and Silicon Content and Uptake by Biomass of Spring Wheat. *Agronomy*, 2026, 16, 841, 23pp.

FIZYCZNA METODA OCHRONY ROŚLIN JAKO BEZPIECZNA ALTERNATYWA DLA CHEMICZNYCH ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

MAREK KOPACKI, BARBARA SKWARYŁO-BEDNARZ

*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Katedra Ochrony Roślin,
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: marek.kopacki@up.lublin.pl*

Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin podlega coraz większym ograniczeniom wynikającym z wdrażania zasad integrowanej ochrony roślin oraz realizacji założeń Europejskiego Zielonego Ładu (European Green Deal). W warunkach postępujących zmian klimatu i nasilającej się presji agrofagów szczególnego znaczenia nabiera poszukiwanie skutecznych rozwiązań umożliwiających ograniczenie zużycia pestycydów przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości i bezpieczeństwa produkcji roślinnej. W integrowanej ochronie roślin coraz większą rolę odgrywa fizyczna metoda ochrony roślin, która w przeciwieństwie do metod chemicznych nie powoduje powstawania pozostałości pestycydów w środowisku przyrodniczym ani w surowcach roślinnych.

Istotą fizycznej metody ochrony roślin jest wykorzystanie różnorodnych czynników fizycznych oddziałujących na organizmy szkodliwe, takich jak wysoka i niska temperatura, promieniowanie, światło, atmosfera kontrolowana, specjalne opakowania, obniżone ciśnienie oraz dźwięki. Czynniki te znajdują zastosowanie m.in. w odkażaniu podłoża i materiału siewnego, dezynfekcji, ograniczaniu liczebności patogenów i szkodników oraz ochronie produktów roślinnych podczas przechowywania. Do najbardziej perspektywicznych kierunków rozwoju fizycznej ochrony roślin należą technologie wykorzystujące ozon oraz plazmę niskotemperaturową. Dzięki silnym właściwościom utleniającym ozon skutecznie ogranicza rozwój bakterii, grzybów i wirusów oraz występowanie wielu gatunków szkodników, nie pozostawiając trwałych pozostałości w środowisku ani produktach roślinnych. Z powodzeniem wykorzystywany jest do dezynfekcji materiału roślinnego, pomieszczeń gospodarskich oraz produktów przechowalniczych. Plazma niskotemperaturowa działa poprzez wytwarzanie reaktywnych form tlenu i azotu (RONS), które ograniczają rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych, poprawiają zdrowotność materiału rozmnożeniowego oraz mogą stymulować procesy fizjologiczne zachodzące w roślinach.

Fizyczna metoda ochrony roślin stanowi ważny element integrowanej ochrony roślin i może skutecznie uzupełniać lub częściowo zastępować chemiczne środki ochrony roślin. Rozwój i wdrażanie nowoczesnych technologii fizycznych stwarzają realne możliwości ograniczenia zużycia pestycydów, poprawy bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska, wpisując się w realizację założeń zrównoważonego rolnictwa i Europejskiego Zielonego Ładu.

ROLNICZE WYKORZYSTANIE POFERMENTU Z BIOGAZOWNI JAKO NAWOZUMILAN KOSZEL^{1*}, MAŁGORZATA SZWED¹, PRZEMYSŁAW TKACZYK²¹Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin²Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

*e-mail: milan.kosze@up.edu.pl

Produkcja rolnicza, której celem jest produkcja żywności o dobrych parametrach jakościowych, musi być prowadzona zgodnie z wymogami ochrony środowiska. Ważne jest zachowanie bezpieczeństwa stosowania nawozów w środowisku rolniczym, ze szczególnym uwzględnieniem nawozów azotowych. Procesy fermentacyjne są powszechnie znaną na całym świecie metodą utylizacji odpadów organicznych. W wyniku procesu powstaje biogaz oraz materiał pofermentacyjny, który może stanowić nawóz stosowany w rolnictwie. Substratem do procesu fermentacji metanowej są odpady biologiczne pochodzące z rolnictwa, przemysłu spożywczego czy pielęgnacji zieleni miejskiej oraz osady powstające podczas procesów oczyszczania ścieków. Funkcjonowanie biogazowni rolniczych wiąże się z powstawaniem dużej ilości masy pofermentacyjnej. Jej ilość odpowiada w przybliżeniu masie substratów wykorzystywanych w procesie fermentacji w biogazowni. W niektórych biogazowniach masa pofermentu może być mniejsza, jeżeli część cieczy technologicznej zwracana jest jako woda procesowa do komór fermentacyjnych. Po uwzględnieniu jego właściwości fizykochemicznych należy dążyć do wykorzystania pofermentu jako bionawozu. Korzystane działanie pofermentu przejawia się poprzez poprawę składników odżywczych w glebie.

Celem badań jest dobór dawki pofermentu i analiza odpowiedzi rzepaku ozimego odmiany „Artoga na różne jego dawki. Obiektem badań były rośliny i pozyskane z nich nasiona uprawiane w warunkach polowych w sezonach wegetacyjnych 2022/2023, 2023/2024 i 2024/2025. Poddano również ocenie próbki gleby, oznaczając jej pH oraz zawartość makroelementów, zarówno przed siewem, jak i po zbiorze roślin. Przebadano też próbki pofermentu na zawartość metali ciężkich. W doświadczeniach użyto nasiona rzepaku ozimego (*Brassica napus* spp *oleifera* var. *Biennis*) odmiany „Artoga” firmy Limagrain. Próbkę gleby pochodziły z gruntu ornego Gospodarstwa Doświadczalnego (Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie) w Czesławicach (województwo lubelskie). Zakresem badań polowych objęto cztery warianty doświadczenia, na których rozlano poferment za pomocą rozlewni gnojownicy z węzłami prowadzonymi na powierzchni gleby:

- I wariant – całkowita dawka pofermentu 25 000 l*ha⁻¹ (I dawka – 12 500 l*ha⁻¹, II dawka – 12 500 l*ha⁻¹);
- II wariant – całkowita dawka pofermentu 37 500 l*ha⁻¹ (I dawka – 18 750 l*ha⁻¹, II dawka – 18 750 l*ha⁻¹);
- III wariant – całkowita dawka pofermentu 50 000 l*ha⁻¹ (I dawka – 25 000 l*ha⁻¹, II dawka – 25 000 l*ha⁻¹);
- IV wariant – obiekt kontrolny, który stanowiły nasiona nienawożone pofermentem;

Odczyn pH pofermentu zastosowanego pod uprawę rzepaku ozimego wynosił 8,70. Analizując uzyskane wyniki badań zawartość metali ciężkich była poniżej wykrywalności przez aparaturę pomiarową. Ponadto poferment zawiera znaczne ilości makroelementów, dlatego też stwierdzono możliwość stosowania pofermentu jako nawozu. Przed siewem oraz po zbiorze nasion rzepaku ozimego przeprowadzono analizę gleby pod kątem kwasowości i zawartości makroelementów. Średnia kwasowość gleby (pH), z trzech okresów wegetacyjnych, przed siewem wynosiła 5,62, a po zbiorze 5,55. Średnia zawartość fosforu, z trzech okresów wegetacyjnych, przed siewem rzepaku ozimego wynosiła 44,27 (mg*100g⁻¹ gleby), potasu 45,33 (mg*100 g⁻¹ gleby) i magnezu 9,04 (mg*100 g⁻¹ gleby). Po zbiorze roślin średnia zawartość makroelementów w glebie, z trzech okresów

wegetacyjnych, była następująca: fosfor – 18,55 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby), potas – 24,91 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby) i magnez – 11,83 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby). Średnia kwasowość (pH) gleby z poletka kontrolnego po zbiorze rzepaku ozimego, z trzech okresów wegetacyjnych wynosiła 5,51. Średnia zawartość makroelementów po zbiorze rzepaku ozimego, z trzech okresów wegetacyjnych, wynosiła następująco fosfor – 17,95 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby), potas – 24,37 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby), magnez – 11,13 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby).

Analizując uzyskane wyniki badań stwierdzono rozbieżność uzyskanego plonu w pierwszym okresie wegetacyjnym 2022/2023 od 3,32 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do 3,45 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W drugim okresie wegetacyjnym 2023/2024 wielkości są zbliżone i wynoszą od 3,35 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do 3,47 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast w trzecim okresie wegetacyjnym 2024/2025 w zależności od zastosowanej dawki zebrano od 3,28 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do 3,41 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z poletka kontrolnego zebrano w okresie wegetacyjnym 2022/2023 – 3,14 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$, w drugim okresie wegetacyjnym 2023/2024 – 3,15 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w trzecim okresie wegetacyjnym 2024/2025 – 3,09 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Uzyskana masa tysiąca nasion dla trzech okresów wegetacyjnych była zbliżona i średnio z trzech lat badań wynosiła 5,24 g do 5,34 g. Dla obiektu kontrolnego średnia masa tysiąca nasion z trzech lat doświadczenia wyniosła 5,20 g.

Analizując uzyskane wyniki badań stwierdzono wzrost średniej z trzech lat zbiorów zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego w zależności od zastosowanej dawki pofermentu – wahała się w przedziale od 42,44% do 43,62%. W obiekcie kontrolnym średnia zawartość tłuszczu z trzech lat zbiorów wynosiła 42,20%. Taka zawartość tłuszczu świadczy o dobrej jakości zebranych nasion.

Średnia zawartość białka w nasionach rzepaku ozimego zebranych z poletka kontrolnego wynosiła z trzech lat badań 22,39%. W pozostałych wariantach doświadczenia średnia zawartość białka wzrastała wraz ze wzrostem dawki pofermentu i wynosiła od 22,65% do 22,95%.

Uzyskane wyniki badań wskazują na wzrost zawartości makroelementów w zależności od wielkości zastosowanej dawki pofermentu. Średnia zawartość azotu z trzech lat badań wynosiła od 3,10% do 3,14%, a fosforu od 7,69% do 7,85%. Z kolei zawartość potasu wynosiła od 6,24 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ do 6,29 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, wapnia – 3,30 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ do 3,39 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a magnezu wahała się od 2,21 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ do 2,24 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wielkość dawki pofermentu ma wpływ na wielkość uzyskanego plonu oraz masę tysiąca nasion. Ponadto wielkość dawki pofermentu warunkuje zawartość tłuszczu i białka w nasionach rzepaku ozimego. Spośród trzech dawek pofermentu zaleca się stosowanie najwyższej.

RYZIKO NARUSZENIA ŁAŃCUCHA CHŁODNICZEGO W DYSTRYBUCJI ŻYWNOŚCI OSTATNIEJ MILI – ANALIZA DANYCH TELEMATYCZNYCHMACIEJ KUBOŃ^{1*}, KACPER CIAPAŁA¹¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków)

*e-mail: maciej.kubon@urk.edu.pl

Transport artykułów żywnościowych wymagających kontrolowanych warunków termicznych należy do procesów logistycznych charakteryzujących się podwyższonym ryzykiem utraty jakości i bezpieczeństwa przewożonego ładunku. Szczególnego znaczenia problem ten nabiera w warunkach dynamicznego rozwoju rynku e-grocery i dystrybucji typu Last Mile, w której jeden pojazd obsługuje w ciągu dnia dużą liczbę rozproszonych punktów odbioru. Każda operacja rozładunkowa wiąże się z otwarciem przestrzeni ładunkowej i wymianą mas powietrza pomiędzy komorą chłodniczą a otoczeniem. W warunkach podwyższonej temperatury zewnętrznej może prowadzić to do chwilowych lub długotrwałych przekroczeń dopuszczalnych wartości temperatury, a w konsekwencji do skrócenia trwałości produktu, pogorszenia jego cech jakościowych oraz wzrostu ryzyka mikrobiologicznego. Problem jest szczególnie istotny w przypadku jednoczesnego przewozu produktów o zróżnicowanych wymaganiach temperaturowych, takich jak mięso, ryby, nabiał, dania gotowe oraz świeże owoce i warzywa. Z tego względu identyfikacja czynników wpływających na stabilność termiczną ładunku oraz ilościowa ocena ryzyka naruszenia łańcucha chłodniczego stanowią istotne zagadnienie badawcze z punktu widzenia bezpieczeństwa żywności i organizacji procesów logistycznych.

Celem badań była analiza stabilności warunków termicznych w przestrzeni ładunkowej pojazdów wykorzystywanych do dystrybucji artykułów żywnościowych oraz ocena ryzyka naruszenia ciągłości łańcucha chłodniczego w zależności od intensywności realizowanych operacji logistycznych. Szczególną uwagę zwrócono na zależność pomiędzy liczbą punktów rozładunku a częstotliwością występowania przekroczeń przyjętego progu temperatury.

Zakres badań obejmował rzeczywiste procesy dystrybucji realizowane przez przedsiębiorstwo działające w segmencie e-grocery. Analizie poddano trzy samochody dostawcze o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 t, wyposażone w zabudowę chłodniczą oraz zintegrowany system monitoringu GPS/GSM. Badania prowadzono w okresie od maja do lipca 2025 r. na trasach obejmujących aglomerację krakowską oraz wybrane obszary województwa śląskiego. Łącznie przeanalizowano 3018 operacji rozładunkowych.

Materiał badawczy stanowiły dane eksploatacyjne rejestrowane automatycznie przez system telematyczny, obejmujące czas pomiaru, lokalizację pojazdu oraz temperaturę w przestrzeni ładunkowej. Przyjęty reżim roboczy dla analizowanej komory chłodniczej wynosił 0–4°C. Procedura badawcza obejmowała filtrację i agregację danych, identyfikację zdarzeń, w których temperatura przekraczała wartość 4°C, oraz powiązanie tych zdarzeń z realizowanymi operacjami rozładunkowymi. Do określenia siły zależności pomiędzy liczbą obsługiwanych punktów a liczbą zarejestrowanych przekroczeń zastosowano współczynnik korelacji liniowej Pearsona oraz analizę regresji. Dodatkowo określono udział operacji związanych z przekroczeniem przyjętego progu temperatury w całkowitej liczbie analizowanych punktów rozładunku.

Przeprowadzone badania wykazały istotne problemy z utrzymaniem stabilnych warunków termicznych podczas intensywnej dystrybucji ostatniej mili. Średnie temperatury wyznaczone dla poszczególnych pojazdów wynosiły około 4,8–5,2°C, natomiast wartości maksymalne dochodziły do 9,8–9,9°C. Szczególnie częste przekroczenia rejestrowano podczas okresów intensywnej eksploatacji pojazdów i przy dużej liczbie obsługiwanych punktów. Stwierdzono bardzo silną dodatnią zależność pomiędzy liczbą punktów rozładunku a liczbą naruszeń temperaturowych. Wartość współczynnika

korelacji Pearsona wyniosła $r = 0,93$, natomiast współczynnik determinacji modelu liniowego osiągnął około $R^2 = 0,87$. Oznacza to, że intensywność procesu dystrybucyjnego jest jednym z najważniejszych czynników związanych ze wzrostem liczby przekroczeń temperatury w badanym systemie. Udział operacji, podczas których występowało przekroczenie progu 4°C , wyniósł około 82%.

Analiza wykazała również, że jednakowa wartość temperatury nie oznacza jednakowego poziomu ryzyka dla wszystkich grup asortymentowych. Najbardziej wrażliwe były produkty wymagające temperatur w zakresie $0\text{--}2^{\circ}\text{C}$, w szczególności mięso i ryby. W ich przypadku epizody wzrostu temperatury do $8\text{--}10^{\circ}\text{C}$ mogą stanowić istotne zagrożenie dla jakości i bezpieczeństwa produktu. Jednocześnie takie wartości mogą mieścić się w zakresie akceptowalnym dla wybranych warzyw. Wskazuje to na ograniczenia jednokomorowego transportu zróżnicowanego asortymentu oraz konieczność uwzględniania w ocenie ryzyka nie tylko wartości temperatury, ale także rodzaju produktu i czasu jego ekspozycji na niekorzystne warunki.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że ryzyko naruszenia łańcucha chłodniczego w dystrybucji ostatniej mili ma w dużej mierze charakter organizacyjno-eksploatacyjny i wzrasta wraz z intensywnością procesu rozładunkowego. Ograniczenie tego ryzyka wymaga zatem nie tylko zwiększania sprawności technicznej systemów chłodniczych, lecz również optymalizacji liczby i kolejności punktów dostaw, skracania czasu otwarcia przestrzeni ładunkowej, stosowania dodatkowych zabezpieczeń termicznych dla najbardziej wrażliwych produktów oraz rozwijania systemów ciągłego monitoringu.

Perspektywnym kierunkiem dalszych badań jest wykorzystanie danych telematycznych, temperatury otoczenia, czasu otwarcia drzwi, rodzaju ładunku oraz parametrów trasy do budowy modeli predykcyjnych umożliwiających ocenę prawdopodobieństwa wystąpienia naruszenia jeszcze przed jego wystąpieniem. Takie podejście umożliwiłoby przejście od reaktywnego monitorowania temperatury do predykcyjnego zarządzania ryzykiem w inteligentnym łańcuchu chłodniczym.

Słowa kluczowe: łańcuch chłodniczy, ryzyko, transport żywności, Last Mile, temperatura, telematyka, e-grocery.

WPLYW SKŁADU GATUNKOWEGO RUNI ORAZ SPOSOBU UŻYTKOWANIA NA ZAWARTOŚĆ I STABILIZACJĘ WĘGLA ORGANICZNEGO W GLEBIE

HALINA LIPIŃSKA¹, KAMILA ADAMCZYK-MUCHA¹, EWELINA KRUKOW¹, MARIUSZ KULIK¹,
WOJCIECH LIPIŃSKI², EWA STAMIROWSKA-KRZACZEK²

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobiotechnologii, Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Krajobrazu,
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin,

² Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie,
ul. Wojsławicka 8 B, 22-100 Chełm
e-mail: halina.lipinska@edu.lublin.pl

Jednym z kluczowych procesów regulujących bilans węgla w ekosystemach lądowych jest sekwestracja węgla w glebie. Proces ten nie tylko zwiększa żyzność gleby i odporność ekosystemów, ale także realnie przyczynia się do redukcji śladu węglowego poprzez trwałe wiązanie CO₂ z atmosfery. Szczególną rolę w tym kontekście odgrywają użytki zielone. Łąki i pastwiska należą do najbardziej efektywnych ekosystemów lądowych w Europie pod względem sekwestracji węgla w glebie, głównie dzięki stałemu dopływowi materii organicznej z biomasy roślinnej oraz rozbudowanemu systemowi korzeniowemu (Soussana i wsp. 2010). Sekwestracja węgla w glebach trwałych użytków zielonych stanowi jeden z istotnych elementów łagodzenia zmian klimatu. Efektywność tego procesu zależy nie tylko od ilości akumulowanego węgla organicznego, lecz również od jego stabilności, na które wpływają skład gatunkowy runi oraz sposób użytkowania (Conant i wsp., 2017; Lavalée i wsp., 2020; Bai i Cotrufo, 2022). Celem badań była ocena wpływu składu gatunkowego mieszanek traw i roślin bobowatych oraz sposobu użytkowania na zawartość i strukturę frakcyjną węgla organicznego w glebie.

Badania przeprowadzono w latach 2022–2025 w warunkach kontrolowanych w Stacji Dydaktyczno-Badawczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Część eksperymentalna obejmowała doświadczenia polowe i analizy laboratoryjne. W doświadczeniach polowych oceniano wpływ składu gatunkowego mieszanek traw i roślin bobowatych oraz sposobu ich użytkowania (łąka lub pastwisko) na zawartość i strukturę frakcyjną węgla organicznego w glebie. Materiał do badań stanowiły próbki gleby pobierane z warstwy 0–20 cm w trzech terminach sezonu wegetacyjnego, a oznaczenia zawartości węgla organicznego wykonano metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją NDIR.

Wykazano, że zarówno skład gatunkowy mieszanek, jak i sposób użytkowania wpływały na zawartość węgla organicznego w glebie. W przypadku Mieszanek 1 i 2 wyższą zawartość TOC odnotowano w użytkowaniu łąkowym (odpowiednio 1,56 i 1,71%) niż pastwiskowym (1,40 i 1,25%), natomiast Mieszanek 3 wykazywała odwrotną zależność (1,25 i 1,14%). Uzyskane wyniki wskazują, że wpływ intensywności użytkowania na akumulację węgla organicznego jest modyfikowany przez skład gatunkowy runi.

Analiza struktury frakcyjnej wykazała, że użytkowanie łąkowe sprzyjało zwiększeniu udziału frakcji stabilnej (ROC/TOC) oraz ograniczeniu udziału frakcji labilnej (TOC400/TOC) węgla organicznego w porównaniu z użytkowaniem pastwiskowym. Korzystniejszą strukturą frakcyjną charakteryzowała się Mieszanek 2, natomiast Mieszanek 3 wykazywała najmniejszy udział frakcji stabilnej i największy udział frakcji labilnej.

Uzyskane wyniki wskazują, że potencjał sekwestracji węgla w glebach trwałych użytków zielonych zależy od współdziałania składu gatunkowego runi i sposobu użytkowania. Odpowiedni dobór mieszanek roślinnych oraz racjonalna intensywność użytkowania mogą sprzyjać zwiększeniu udziału stabilnych form węgla organicznego, a tym samym poprawiać trwałość jego magazynowania w glebie i wzmacniać rolę użytków zielonych w łagodzeniu zmian klimatu.

Literatura:

1. Bai, Y.; Cotrufo, M.F. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science* 2022, 377(6606), 603–608. <https://doi.org/10.1126/science.abo2380>
2. Conant, R.T.; Cerri, C.E.P.; Osborne, B.B.; Paustian, K. Grassland management impacts on soil carbon stocks: A new synthesis. *Ecological Applications* 2017, 27(2), 662–668. <https://doi.org/10.1002/eap.1473>
3. Lavallee, J.M.; Soong, J.L.; Cotrufo, M.F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global Change Biology* 2020, 26(1), 261–273. <https://doi.org/10.1111/gcb.14859>
4. Soussana, J.F.; Tallec, T.; Blanfort, V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal* 2010, 4(3), 334–350. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990784>

ZMIANY ZAWARTOŚCI AZOTU MINERALNEGO W GLEBIE NA TLE WARUNKÓW POGODOWYCH

WOJCIECH LIPIŃSKI¹, HALINA LIPIŃSKA², RAFAŁ KORNAS¹

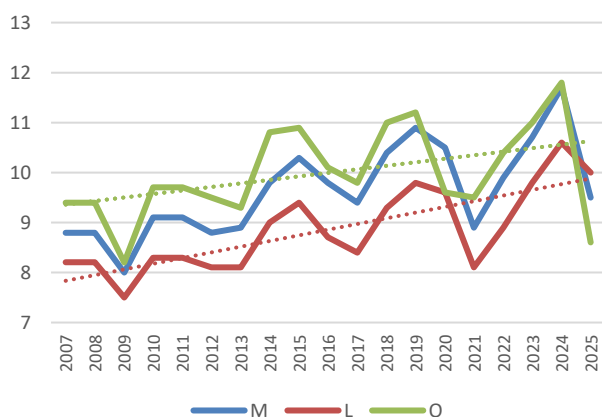
¹*Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie,
ul. Wojsławicka 8 B, 22-100 Chełm*

²*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Łękarstwa i Kształtowania Krajobrazu,
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: wlipinski@panschelm.edu.pl*

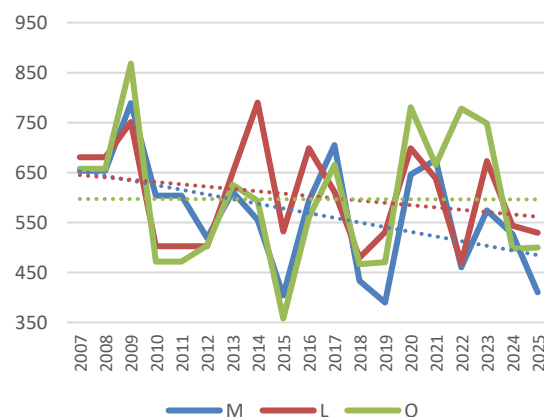
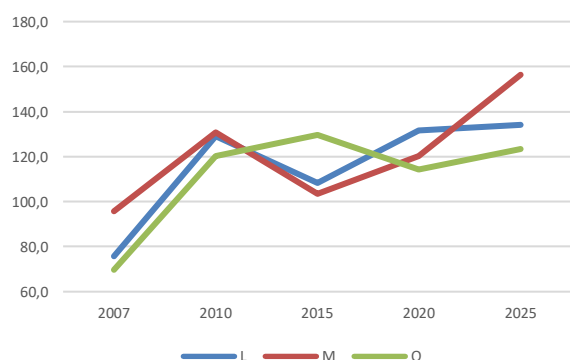
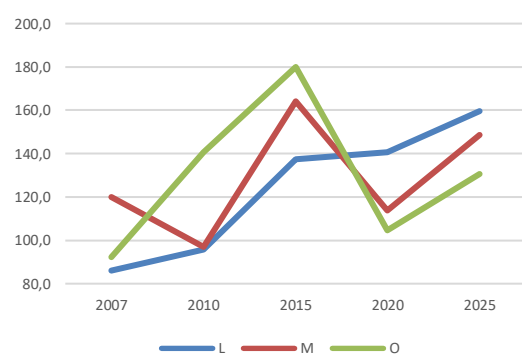
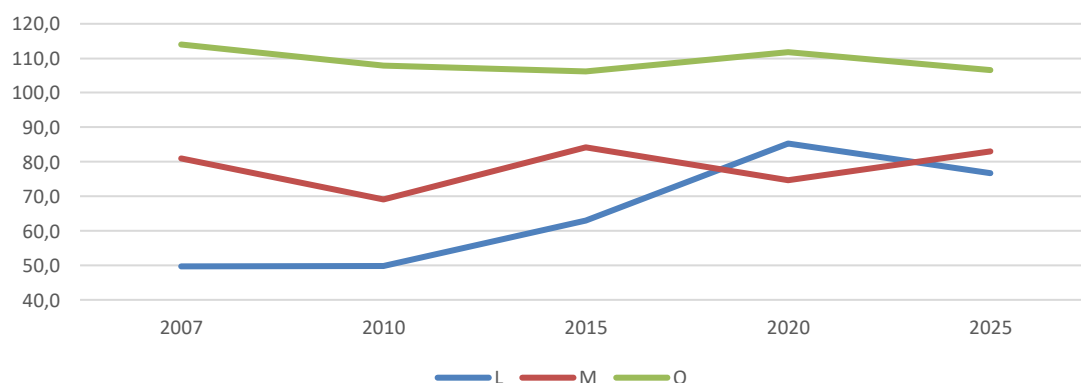
Pierwsze zakrojone na większą skalę prace nad zawartością azotu mineralnego w glebach użytków rolnych w Polsce rozpoczęły się w 1997 r. Ich efektem było opracowanie szeregu wytycznych dla praktyki rolniczej, a także przygotowanie podstaw do działań w zakresie ochrony wód przed zanieczyszczeniem związkami azotu po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej, zgodnie z obowiązującymi w państwach członkowskich standardami. Prace od początku były prowadzone przez okręgowe stacje chemiczno-rolnicze we współpracy z Zakładem Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG w Puławach. Dzięki uzyskanym wynikom już w 2003 r. zagadnienia związane z zawartością azotu mineralnego w glebie zostały uwzględnione w krajowych regulacjach prawnych, a obecnie stanowią element tzw. „programu azotanowego”. Celem niniejszego opracowania była ocena zawartości azotu mineralnego w glebach użytków rolnych w kontekście zmieniających się warunków meteorologicznych w trzech wybranych województwach: lubelskim, mazowieckim i opolskim (na rys. odpowiednio: L, M, O), reprezentujących regiony zróżnicowane zarówno pod względem warunków przyrodniczych, jak i intensywności produkcji rolniczej. W badaniach uwzględniono wyniki oznaczeń N_{min} w warstwie gleby 0–60 cm wykonane w 816 punktach monitoringowych. Jako rok początkowy analiz przyjęto 2007, kiedy zmodyfikowano metodykę monitoringu, zapewniając równomierne rozmieszczenie punktów pomiarowych na obszarze kraju (co najmniej jeden punkt w każdej gminie).

Procedura badania N_{min} obejmuje oznaczenie dwóch mineralnych form azotu – azotanowej ($N-NO_3$) oraz amonowej ($N-NH_4$) – metodą kolorymetryczną z wykorzystaniem autoanalizatora przepływowego po ekstrakcji 1% roztworem K_2SO_4 . Zawartość azotu mineralnego stanowi sumę obu form, a wynik końcowy wyrażany jest w $kg \cdot ha^{-1}$. Współczynniki przeliczeniowe zależą od kategorii agronomicznej gleby i wynoszą odpowiednio: 4,6 – gleby bardzo lekkie, 4,5 – lekkie, 4,3 – średnie oraz 3,9 – ciężkie.

W analizowanym okresie najniższe średnie temperatury powietrza odnotowano w województwie lubelskim, natomiast najwyższe w województwie opolskim. Z kolei najniższe roczne sumy opadów występowały na Mazowszu, a najwyższe w województwie lubelskim. Dane przedstawione na rys. 1 wskazują na wyraźną tendencję wzrostową średniej temperatury powietrza w latach 2007–2025, natomiast rys. 2 ilustruje malejącą tendencję rocznych sum opadów w analizowanych regionach. Wyniki oznaczeń zawartości N_{min} w warstwie gleby 0–60 cm wskazują na wzrost zawartości tego składnika w glebach gruntów ornych w okresie wiosennym oraz – w przypadku województwa lubelskiego – również jesienią (rys. 3 i 4). W województwach mazowieckim i opolskim nie stwierdzono jednoznacznych tendencji zmian jesiennej zawartości N_{min} . Średnie zużycie nawozów azotowych w Polsce w analizowanym okresie wynosiło około $70 kg N \cdot ha^{-1}$, natomiast w monitorowanych gospodarstwach było średnio o około $10 kg N \cdot ha^{-1}$ większe (rys. 5), przy jednoczesnym stopniowym spadku jego poziomu. Pomimo zmniejszającego się zużycia nawozów azotowych, szczególnie w województwach lubelskim i mazowieckim obserwowano wzrost zawartości N_{min} w warstwie gleby 0–60 cm.

Rys. 1. Średnie temperatury [$^{\circ}\text{C}$] w latach 2007-2025

Rys. 2. Suma opadów [mm] w latach 2007-2025

Rys. 3. Zmiany zawartości azotu mineralnego w glebach gruntów ornych wybranych rejonów w warstwie 0-60 cm [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$] - wiosnaRys. 4. Zmiany zawartości azotu mineralnego w glebach gruntów ornych wybranych rejonów w warstwie 0-60 cm [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$] - jesieńRys. 5. Zużycie azotu w punktach objętych monitoringiem [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]

Uzyskane wyniki wskazują, że obserwowany w latach 2007–2025 wzrost zawartości azotu mineralnego w glebie, pomimo zmniejszającego się zużycia nawozów azotowych, może pozostawać w związku ze zmianami warunków pogodowych. Wzrost temperatury oraz zmniejszające się sumy opadów mogły ograniczać wymywanie azotu z warstwy ornej, sprzyjając większej akumulacji N_{min} w glebie. Potwierdzenie tej zależności wymaga jednak dalszych badań.

**ZRÓWNOWAŻONY TRANSPORT ŻYWNOŚCI JAKO ELEMENT ADAPTACJI
SEKTORA ROLNO-SPOŻYWCZEGO DO ZMIAN KLIMATU**

URSZULA MALAGA-TOBOŁA

*Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka i Rolnictwie,
ul. Pocztowa 54, 22-100 Chełm
e-mail: umalaga-tobola@panschelm.edu.pl*

Postępujące zmiany klimatyczne stanowią jedno z podstawowych wyzwań dla współczesnych systemów rolno-spożywczych, oddziałując zarówno na warunki produkcji rolniczej, jak i na procesy magazynowania, przetwórstwa, dystrybucji oraz transportu żywności. Globalny wzrost temperatury, fale upałów, susze oraz gwałtowne zjawiska pogodowe (intensywne opady, powodzie) znacząco zwiększają ryzyko wystąpienia nagłych zakłóceń w przepływie produktów żywnościowych. W konsekwencji, istotnego znaczenia nabiera budowanie odpornych łańcuchów dostaw, zdolnych do utrzymania ciągłości ich funkcjonowania w warunkach zagrożeń klimatycznych (McKinnon, 2022). Celem opracowania jest analiza znaczenia zrównoważonego transportu żywności jako elementu adaptacji sektora rolno-spożywczego do zmian klimatu, ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązań ograniczających emisję gazów cieplarnianych, zwiększających efektywność energetyczną oraz wzmacniających odporność operacyjną.

W pracy zastosowano metodę analizy oraz krytycznego przeglądu literatury naukowej i dokumentów instytucjonalnych dotyczących zmian klimatu, zrównoważonych systemów żywnościowych, logistyki żywności oraz odporności łańcuchów dostaw. Analizie poddano wyniki badań dotyczące wpływu transportu żywności na emisję gazów cieplarnianych, podatności łańcuchów dostaw na zakłócenia klimatyczne oraz rozwoju technologii wspierających zrównoważoną logistykę. Źródła naukowe uzupełniono o oficjalne dokumenty FAO i Komisji Europejskiej dotyczące transformacji systemów rolno-spożywczych i polityki klimatycznej.

Oddziaływanie transportu na klimat jest znacząco wyższe, niż wskazywały wcześniejsze szacunki. Li et al. (2022), wykorzystując globalny wieloregionalny model rachunkowy, oszacowali emisje związane z tzw. food miles na około 3,0 Gt CO₂e rocznie, co odpowiada aż 19% całkowitych emisji systemu żywnościowego obejmujących transport, produkcję i zmianę użytkowania gruntów. Szczególnie istotny pod tym względem jest transport świeżych owoców i warzyw, który odpowiada za około 36% emisji związanych z przemieszczaniem żywności. Wyniki te dowodzą konieczności uwzględniania logistyki w działaniach na rzecz dekarbonizacji systemów żywnościowych.

Jednocześnie zrównoważonego transportu nie można utożsamiać wyłącznie ze skracaniem dystansu przewozu. O jego rzeczywistym oddziaływaniu środowiskowym decyduje również rodzaj środka transportu, efektywność energetyczna floty, stopień wykorzystania ładowności, ograniczenie pustych przebiegów, rodzaj paliwa oraz organizacja całego łańcucha dostaw (Tubiello et al., 2022). Rozwój krótkich i regionalnych łańcuchów dostaw może jednak wydatnie zwiększać ich elastyczność, ograniczać zależność od odległych źródeł zaopatrzenia i ułatwiać szybkie reagowanie na zakłócenia w globalnych łańcuchach logistycznych (Li et al., 2022).

Transport żywności powinien być traktowany jednocześnie jako obszar mitygacji zmian klimatu oraz istotny element adaptacji do ich skutków. Mitygacja wymaga ograniczania emisji, poprzez stosowanie pojazdów nisko- i zeroemisyjnych, poprawę efektywności energetycznej, wykorzystanie paliw alternatywnych oraz zwiększanie udziału transportu kolejowego i wodnego (Załoga i Szaruga, 2016; Fikus, 2025). Z drugiej strony konieczna jest zdolność systemu do funkcjonowania w obliczu ekstremalnych zjawisk pogodowych. Wyniki badań licznych publikacji wydanych w Science of the Total Environment (2024) m.in. Tchoukouang i in. (2024) wykazały, że zmiany klimatyczne wpływają na produkcję, ceny, dostępność, jakość i bezpieczeństwo biologiczne żywności, a także wywołują zakłócenia w funkcjonowaniu kolejnych ogniw dystrybucji. Wymaga to zatem

projektowania elastycznych systemów transportowych, modernizacji infrastruktury transportowej (dróg, mostów, linii kolejowych, portów i terminali) oraz dywersyfikacji tras i kanałów dostaw.

Szczególnie wrażliwym obszarem jest transport chłodniczy produktów szybko psujących się, wymagających stałej temperatury. Wzrost temperatur otoczenia zwiększa obciążenie urządzeń chłodniczych, podnosząc ryzyko przerwania łańcucha chłodniczego i generując większe zapotrzebowanie na energię. Technologie chłodnicze są niezbędne do budowania odporności, jednak ich stosowanie rodzi potrzebę jednoczesnego zwiększania efektywności energetycznej (Bentyn i Konecka, 2024).

Obiecującym kierunkiem są rozwiązania wykorzystujące materiały zmiennofazowe (PCM), które umożliwiają magazynowanie i uwalnianie energii cieplnej podczas zmiany fazy, co stabilizuje temperaturę, ogranicza zużycie energii i redukuje emisje (Zhao et al., 2024). Rozwój ten musi obejmować stosowanie ekologicznych czynników chłodniczych o niskim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego, poprawę izolacyjności środków transportu oraz integrację systemów chłodniczych z odnawialnymi źródłami energii (Niu et al., 2024; Girtka, 2018).

Ważnym elementem transformacji jest cyfryzacja procesów logistycznych. Technologie Internetu Rzeczy (IoT), RFID, telematyka, sztuczna inteligencja oraz systemy zarządzania flotą pozwalają na monitorowanie parametrów przewozu w czasie rzeczywistym (temperatury i wilgotności), optymalizację tras oraz eliminację pustych przebiegów. Analiza literatury wykazuje, że IoT i RFID należą do najważniejszych kierunków rozwoju technologicznego w chłodnictwie, wspierając identyfikowalność i bezpieczeństwo przewozów żywności (Bukowska-Piastryńska, 2021; Firdaus et al., 2024; Mustafa et al., 2024). Cyfryzacja pełni więc podwójną rolę, bowiem optymalizuje procesy środowiskowe i wzmacnia odporność operacyjną na zakłócenia.

Adaptacja transportu żywności wymaga zintegrowanego podejścia, łączącego mitygację, adaptację i odporność. FAO (Crumpler et al., 2024; Rai et al., 2025) wskazuje cztery strategiczne obszary działania dla budowy odpornych łańcuchów dostaw, mianowicie zaangażowanie zarządzających w działania klimatyczne, wdrażanie strategii adaptacyjnych, bezpośrednią redukcję emisji GHG oraz ciągle monitorowanie i raportowanie postępów.

Podsumowując, zrównoważony transport żywności stanowi strategiczny filar adaptacji sektora do zmian klimatu, wzmacniając ciągłość dostaw i redukując emisje. Do najważniejszych działań transformacyjnych należy rozwój taboru niskoemisyjnego, optymalizacja tras, zwiększenie udziału kolei i transportu wodnego (transport intermodalny), modernizacja chłodnictwa (PCM, naturalne czynniki chłodnicze), cyfrowe monitorowanie parametrów przewozu (IoT/RFID) oraz podniesienie odporności i elastyczności infrastruktury liniowej.

Transformacja logistyki żywności nie służy bowiem wyłącznie redukcji śladu węglowego, ale ma na celu stworzenie elastycznego, odpornego systemu logistycznego zapewniającego bezpieczeństwo żywnościowe w warunkach zmian klimatycznych.

CARBON SEQUESTRATION IN AGROECOSYSTEMS SOILS AS A CLIMATE CHANGE MITIGATION STRATEGY

MAGDALENA MYSZURA-DYMEK^{1*}, GRAŻYNA ŻUKOWSKA¹, BARBARA FUTA¹, JOANNA GMITROWICZ-IWAN¹

¹*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobioinżynierii, Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, 20-069 Lublin, ul. St. Leszczyńskiego 7*

**e-mail: magdalena.myszura-dymek@up.edu.pl*

Carbon sequestration in agroecosystem soils represents one of the key strategies for climate change mitigation, while simultaneously supporting soil fertility and the stability of agricultural production. Soils constitute one of the largest terrestrial carbon reservoirs, and proper management of soil organic carbon (SOC) enables increased carbon retention and reduced carbon dioxide emissions to the atmosphere. The global potential for carbon sequestration in agroecosystem soils is estimated at approximately 2.1 billion tons of carbon per year, highlighting the significant role of agriculture in the global carbon balance. This process contributes to a negative carbon flux from the atmosphere to the soil, as a portion of the biomass assimilated through photosynthesis is transformed into stable forms of organic matter, including humus with a long residence time.

Effective SOC sequestration is closely linked to the implementation of sustainable soil management practices that enhance organic matter inputs while minimizing its mineralization and losses due to erosion. Key practices include conservation tillage, the use of cover crops and catch crops, increasing crop rotation diversity, application of organic fertilizers, and the integration of agroforestry systems. These practices not only increase soil organic carbon content but also improve soil structure, biological activity, and water retention capacity.

Agroforestry systems play a particularly important role in enhancing carbon sequestration, as they combine woody vegetation with agricultural production. The presence of trees promotes increased organic matter inputs through litter fall, extensive root systems, and enhanced belowground biomass production. Deeper soil layers can accumulate carbon due to tree root activity, increasing the stability of carbon storage compared to annual cropping systems. Moreover, agroforestry improves microclimatic conditions, reduces erosion, and enhances soil microbial activity, thereby supporting the stabilization of organic matter. The integration of trees into agricultural landscapes also increases soil biodiversity and functional diversity, strengthening soil resilience to environmental stress.

In the context of intensifying climate change and ongoing soil degradation, the development and implementation of strategies aimed at enhancing carbon sequestration in agroecosystems are of critical importance. The integration of agronomic, biological, and ecological approaches enables the simultaneous achievement of climate and production goals, aligning with the principles of sustainable and regenerative agriculture. Further research on the mechanisms of SOC stabilization and the effectiveness of individual practices under diverse environmental conditions is essential for optimizing soil carbon management.

MONITORING NALOTU MSZYC Z WYKORZYSTANIEM ASPIRATORA JOHNSONA W WARUNKACH ZMIAN KLIMATU

KAMILA ROIK*, WOJCIECH KUBASIK, MARCIN BARAN

*Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Monitorowania i Sygnalizacji Agrofagów
ul. Władysława Węgorka 20, 60 – 318 Poznań*

*e-mail: k.roik@iorpib.poznan.pl

Postępujące zmiany klimatyczne wpływają na przebieg sezonu wegetacyjnego oraz dynamikę występowania wielu gatunków owadów, w tym mszyc, należących do najważniejszych gospodarczo szkodników roślin uprawnych. Wydłużające się okresy wysokich temperatur, łagodniejsze zimy oraz coraz cieplejsze jesienie sprzyjają wcześniejszym i dłużej utrzymującym się nalotom mszyc, zwiększając ryzyko ich żerowania oraz przenoszenia groźnych chorób wirusowych. Szczególne znaczenie ma jesienne zasiedlanie plantacji zbóż ozimych przez gatunki będące wektorami wirusów wywołujących żółtą karłowatość jęczmienia (BYDV), której skutki mogą prowadzić do znacznego obniżenia plonów. W warunkach postępujących zmian klimatycznych coraz większego znaczenia nabiera systematyczny monitoring nalotów mszyc, stanowiący jeden z podstawowych elementów integrowanej ochrony roślin. Wczesne wykrycie migracji uskrzydłych osobników umożliwia ocenę zagrożenia oraz wspiera podejmowanie decyzji dotyczących terminów działań ochronnych, ograniczając ryzyko rozprzestrzeniania się wirusów.

Jednym z najbardziej efektywnych narzędzi wykorzystywanych do monitorowania migracji mszyc jest aspirator Johnsoina, umożliwiający ciągłą rejestrację nalotów uskrzydłych osobników. Zastosowanie tej metody pozwala na analizę składu gatunkowego afidofauny, określenie terminów migracji oraz ocenę dynamiki liczebności populacji. Wieloletnie obserwacje prowadzone z wykorzystaniem aspiratora dostarczają cennych informacji o zmianach zachodzących w populacjach mszyc oraz ich reakcji na zmieniające się warunki środowiskowe.

Monitoring prowadzony z wykorzystaniem aspiratora Johnsoina odgrywa istotną rolę zarówno w badaniach nad biologią i migracją mszyc, jak i w praktyce rolniczej. Dane uzyskane w ramach długoterminowych obserwacji stanowią podstawę doskonalenia systemów sygnalizacji agrofagów, wspierają prognozowanie zagrożenia chorobami wirusowymi oraz umożliwiają racjonalizację zabiegów ochrony roślin zgodnie z zasadami integrowanej ochrony. W obliczu postępujących zmian klimatycznych znaczenie tego typu monitoringu będzie systematycznie wzrastało, czyniąc go jednym z kluczowych narzędzi wspierających ochronę roślin.

WPŁYW SYSTEMU UPRAWY ROLI I STOSOWANIA ŻYTNIEGO WYWARU GORZELNIANEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY PO ZBIORZE PSZENICY OZIMEJ

HUBERT RUSECKI, PIOTR KRASKA, SYLWIA ANDRUSZCZAK*, EWA KWIECIŃSKA-POPPE

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Agrobioinżynierii, Katedra Herbologii i Technik Uprawy Roślin, Zakład Ekologii Rolniczej, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

*e-mail: sylwia.andruszczak@up.edu.pl

Współczesne rolnictwo coraz częściej odchodzi od tradycyjnej uprawy płużnej na rzecz systemów uproszczonych, które ograniczają ingerencję w strukturę gleby. Liczne badania wskazują, że redukcja intensywności uprawy sprzyja poprawie właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby, zwiększa zawartość materii organicznej oraz ogranicza procesy degradacyjne, takie jak erozja wodna i wietrzna. Jednocześnie uproszczone systemy uprawy przyczyniają się do zmniejszenia zużycia paliwa i nakładów pracy, a także stwarzają korzystniejsze warunki dla rozwoju organizmów glebowych, w tym dżdżownic, uznawanych za ważny wskaźnik jakości gleby. Efektywność poszczególnych systemów uprawy zależy jednak od lokalnych warunków siedliskowych oraz gatunku uprawianej rośliny.

Istotnym wyzwaniem dla współczesnego rolnictwa pozostaje również zagospodarowanie produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego. Jednym z nich jest wywar gorzelniany, powstający w znacznych ilościach podczas produkcji spirytusu. Ze względu na wysoką zawartość substancji organicznej i składników mineralnych wywar może stanowić cenny nawóz organiczny oraz element gospodarki o obiegu zamkniętym. Jego rolnicze wykorzystanie stwarza możliwość częściowego zastąpienia nawozów mineralnych, poprawy żyzności gleby oraz ograniczenia kosztów nawożenia, przy jednoczesnym rozwiązaniu problemu zagospodarowania odpadu.

W związku z powyższym podjęto badania nad oceną wpływu systemu uprawy roli oraz stosowania żytniego wywaru gorzelnianego na wybrane właściwości gleby po zbiorze pszenicy ozimej odmiany Patras. Szczególną uwagę poświęcono zmianom zawartości węgla organicznego i składników pokarmowych, liczebności oraz biomasy dżdżownic, a także ocenie potencjału wywaru jako nawozu wspomagającego utrzymanie żyzności gleby w różnych systemach uprawy.

Badania przeprowadzono w latach 2017–2019 w ramach doświadczenia polowego zlokalizowanego w Konstantynowie (woj. lubelskie), na glebie brunatnej (Cambisol), w układzie split-plot, w trzech powtórzeniach. Oceniano wpływ dwóch systemów uprawy roli: uprawy płużnej oraz uprawy uproszczonej, a także stosowania żytniego wywaru gorzelnianego w dawkach 20 i 40 m³·ha⁻¹. Obiektem kontrolnym były poletka bez aplikacji wywaru. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 728 m². Na poletkach z systemem płużnym przeprowadzano orkę siewną na głębokość 25 cm, a następnie wysiewano przedsięwną dawkę nawozów. W obiektach z uprawą bezpłużną nawóz mineralny aplikowano wgłębie – za pośrednictwem kultywatora ścierniskowego, pracującego na głębokości 25 cm, zaadaptowanego do wgłębnego wysiewu nawozów mineralnych na podstawie patentu nr. 229779. Wykorzystywany w eksperymencie żytni wywar gorzelniany przeciętnie charakteryzował się zawartością suchej masy na poziomie 54,6 g·kg⁻¹; ciężarem objętościowym 1,0 kg·dm⁻³; zawartością azotu ogólnego 50,5 g·kg⁻¹ s.m.; zawartością fosforu 11,4 g·kg⁻¹ s.m.; zawartością potasu 22,4 g·kg⁻¹ s.m.; zawartością wapnia 2,62 g·kg⁻¹ s.m.; zawartością magnezu 4,49 g·kg⁻¹ s.m. Badania prowadzono w zmianowaniu: rzepak ozimy – pszenica ozima – żyto ozime.

Po zbiorze pszenicy oznaczano w glebie zawartość węgla organicznego, przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu oraz odczyn (pH). Dodatkowo oceniano liczebność i biomę dżdżownic metodą ręcznej segregacji próbek gleby pobranych z warstwy 0–25 cm. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w celu określenia wpływu badanych czynników na wybrane właściwości gleby.

Przeprowadzone badania wykazały, że zarówno system uprawy roli, jak i stosowanie żytniego wywaru gorzelnianego istotnie kształtowały wybrane właściwości gleby po zbiorze pszenicy ozimej. Nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu uprawy roli na zawartość węgla organicznego w warstwie 0–30 cm, jednak w obiektach z uprawą bezpłówną obserwowano tendencję do jego nieznacznie większej akumulacji. Istotny wzrost zawartości węgla organicznego odnotowano natomiast pod wpływem nawożenia żytnim wywarem gorzelnianym, przy czym najwyższe wartości uzyskano po zastosowaniu dawki $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($9,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w porównaniu z $6,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w obiekcie kontrolnym).

Po zbiorze pszenicy ozimej gleba z obiektów uprawy płuźnej charakteryzowała się wyższym odczynem (pH) niż gleba z uprawy uproszczonej. Jednocześnie aplikacja żytniego wywaru gorzelnianego powodowała obniżenie wartości pH w porównaniu z obiektem kontrolnym, niezależnie od systemu uprawy.

System uprawy roli różnicował również zasobność gleby w składniki pokarmowe. W warunkach uprawy płuźnej po zbiorze pszenicy stwierdzono istotnie większą zawartość przyswajalnego fosforu, natomiast uprawa bezpłówna sprzyjała istotnie większej akumulacji potasu. Zastosowanie żytniego wywaru gorzelnianego zwiększało zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu w glebie, potwierdzając jego wartość jako źródła składników pokarmowych oraz możliwość wykorzystania w nawożeniu rolniczym.

Korzystny wpływ uproszczenia uprawy oraz stosowania wywaru gorzelnianego zaobserwowano również w odniesieniu do aktywności biologicznej gleby. W obiektach z uprawą bezpłówną odnotowano większą liczebność i biomasę dżdżownic niż w systemie płuźnym, a zastosowanie wywaru gorzelnianego sprzyjało dalszemu wzrostowi tych wskaźników. Otrzymane wyniki wskazują, że łączne stosowanie uproszczonej uprawy roli i nawożenia żytnim wywarem gorzelnianym może stanowić skuteczny element zrównoważonego gospodarowania glebą, przyczyniając się do poprawy jej żyzności, zasobności w składniki pokarmowe oraz aktywności biologicznej.

WPLYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO I WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA ZAWARTOŚĆ I JAKOŚĆ BIAŁKA NASION AMARANTUSA

BARBARA SKWARYŁO-BEDNARZ*, MAREK KOPACKI, AGNIESZKA JAMIOŁKOWSKA, WERONIKA
KURSA

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Katedra Ochrony Roślin,
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

*e-mail: barbara.skwarylo@up.edu.pl

Amarantus (*Amaranthus* spp.), znany w Polsce jako szarłat, zaliczany jest do roślin pseudozbożowych o wysokiej wartości odżywczej i dużym potencjale wykorzystania w rolnictwie zrównoważonym. Nasiona tej rośliny wyróżniają się wysoką zawartością białka oraz korzystnym profilem aminokwasowym, co wpływa na wysoką wartość biologiczną białka. W warunkach postępujących zmian klimatu i coraz większej zmienności czynników środowiskowych istotnego znaczenia nabiera doskonalenie zasad agrotechniki umożliwiających uzyskanie stabilnego plonu oraz wysokiej jakości biologicznej nasion przy racjonalnym nawożeniu azotowym.

Celem pracy była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia azotowego oraz warunków środowiskowych na plon nasion, zawartość białka ogólnego i profil aminokwasowy amarantusa. Badania przeprowadzono w latach 2021-2023 w warunkach polowych Zamojszczyzny. Doświadczenie obejmowało cztery poziomy nawożenia azotowego (0, 80, 120 i 160 kg N·ha⁻¹), dwie odmiany amarantusa: 'Rawa' (*Amaranthus cruentus* L.) oraz 'Aztek' (*Amaranthus hypochondriacus* × *Amaranthus hybridus* L.), a także dwa sposoby siewu (30 i 55 cm rozstawy rzędów). Sezony wegetacyjne cechowały się znaczną zmiennością warunków hydrotermicznych, od okresów wysokich temperatur i niedoboru opadów po epizody intensywnych opadów prowadzących do nadmiernego uwilgotnienia gleby. Oceniano plon nasion, zawartość białka ogólnego oraz profil aminokwasowy. Plon określono po zbiorze roślin z poletek doświadczalnych i wyrażono w t·ha⁻¹. Zawartość białka ogólnego oznaczono metodą Kjeldahla, natomiast profil aminokwasowy określono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC).

Wyniki badań wykazały, że nawożenie azotowe nie wpływało istotnie na plon nasion, chociaż obserwowano tendencję do jego wzrostu wraz ze zwiększaniem dawki azotu. Jednocześnie istotnie zwiększało zawartość białka w nasionach amarantusa, szczególnie po zastosowaniu dawek 120 i 160 kg N·ha⁻¹. Większość analizowanych aminokwasów osiągała najwyższe wartości przy dawce 120 kg N·ha⁻¹, natomiast dalsze zwiększenie nawożenia nie prowadziło do poprawy jakości białka. Wyjątek stanowił tryptofan, którego zawartość wyraźnie wzrastała po zastosowaniu dawki 120 kg N·ha⁻¹, a następnie istotnie zmniejszała się po zwiększeniu dawki do 160 kg N·ha⁻¹. Uzyskane wyniki wskazują, że wzrost zawartości białka nie zawsze przekładał się na poprawę jego jakości biologicznej ocenianej na podstawie składu aminokwasowego. Odmiana 'Aztek' charakteryzowała się wyższą zawartością białka oraz korzystniejszym profilem aminokwasowym niż odmiana 'Rawa', co potwierdza istotną rolę czynnika genetycznego w kształtowaniu jakości nasion. Pomimo znacznych różnic w temperaturze powietrza i rozkładzie opadów między sezonami wegetacyjnymi, plon nasion oraz zawartość białka pozostawały stosunkowo stabilne, natomiast zmienność warunków hydrotermicznych wpływała przede wszystkim na kształtowanie profilu aminokwasowego oraz reakcję roślin na nawożenie azotowe.

Badania wykazały, że odpowiedni dobór odmiany oraz racjonalne nawożenie azotowe sprzyjają uzyskiwaniu nasion o wysokiej jakości białka i korzystnym składzie aminokwasowym. Spośród zastosowanych dawek azotu najkorzystniejsze efekty jakościowe uzyskano po zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹. Wyniki badań mogą stanowić podstawę doskonalenia zasad agrotechniki i nawożenia amarantusa w warunkach postępujących zmian klimatu.

WPLYW TYTANITU I STYMJODU NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MAKROELEMENTÓW W SUCHEJ MASIE TRAW

JACEK SOSNOWSKI, MILENA TRUBA*, ELŻBIETA MALINOWSKA, PIOTR KRASNODEBSKI

Uniwersytet w Siedlcach, Wydział Nauk Rolniczych, Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce

*e-mail autora korespondencyjnego: milena.truba@uws.edu.pl

Celem badań była ocena wpływu dolistnego stosowania Tytanitu i Stymjodu oraz ich współdziałania na zawartość fosforu (P), potasu (K), wapnia (Ca) i magnezu (Mg) w suchej masie *Dactylis glomerata* L. i *Festulolium braunii*. Tytanit jest biostymulatorem zawierającym tytan, natomiast Stymjod stanowi nano-nawóz oparty na jodzie.

Badania przeprowadzono w latach 2021–2023 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu w Siedlcach. Doświadczenie założono metodą pierścieniową w czterech powtórzeniach. Czynniki doświadczenia obejmowały dwa gatunki traw: *Dactylis glomerata* L. (odm. Amara) oraz *Festulolium braunii* (odm. Felopa), a także cztery warianty nawożenia dolistnego: kontrolę, Tytanit (0,04%), Stymjod (2,5%) oraz łączne stosowanie obu preparatów. Opryski wykonywano dwukrotnie w każdym odroście, w fazie strzelania w źdźbło oraz po 10 dniach od pierwszego zabiegu. Zawartość makroelementów oznaczono metodą ICP-AES.

Warunki hydrotermiczne w okresie prowadzenia badań były zróżnicowane. Na podstawie współczynnika hydrotermicznego Sielianałowa stwierdzono, że w większości miesięcy sezonów wegetacyjnych 2021–2023 występowały niedobory opadów, charakterystyczne dla okresów suchych i bardzo suchych. Warunki optymalne dla wzrostu i rozwoju roślin odnotowano jedynie w kwietniu i lipcu 2022 roku, natomiast w kilku miesiącach wystąpiły warunki skrajnie suche. Zróżnicowany przebieg pogody, zwłaszcza okresowe deficyty wody, mógł wpływać na pobieranie składników pokarmowych oraz reakcję badanych gatunków traw na zastosowane preparaty.

Uzyskane wyniki wykazały, że zastosowanie Tytanitu i Stymjodu istotnie wpływało na skład mineralny badanych traw. W porównaniu z obiektem kontrolnym preparaty zwiększały zawartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu w suchej masie roślin. Najwyższe średnie zawartości wapnia uzyskano po zastosowaniu Stymjodu, natomiast pozostałe pierwiastki miały zbliżoną koncentrację zarówno po samodzielnym zastosowaniu Stymjodu jak Tytanitu. Badane gatunki nie różniły się reakcją na zastosowane preparaty pod względem zawartości pierwiastków. Wyjątkiem była zawartość fosforu, gdzie *Dactylis glomerata* charakteryzowała się wyższą jego zawartością niż *Lolium perenne*. Najkorzystniejsze warunki pogodowe do pobierania składników pokarmowych wystąpiły w 2021 roku, co znalazło odzwierciedlenie w wyższej koncentracji większości analizowanych pierwiastków w suchej masie badanych traw.

Przeprowadzone badania wskazują, że dolistne stosowanie Tytanitu i Stymjodu może stanowić skuteczny element wspomagający gospodarkę mineralną traw pastewnych. Preparaty te sprzyjają zwiększeniu zawartości podstawowych makroelementów, co może przekładać się na wyższą wartość paszową biomasy.

BIOSTYMULATORY POCHODZENIA ROŚLINNEGO JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE ROZWÓJ I ODPORNOŚĆ SOI W ZRÓWNOWAŻONYM ROLNICTWIE

MAGDALENA SOZONIUK^{1*}, MICHAŁ ŚWIECA², ANDREA BOHATÁ³, JAN BEDRNÍČEK⁴, FRANTIŠEK
LORENC⁴, MARKÉTA JAROŠOVÁ³, SŁAWOMIR KOCIRA^{5,6}

¹University of Life Sciences in Lublin, Institute of Plant Genetics, Breeding and Biotechnology,
Akademicka Street 15, Lublin, 20-950, Poland

²University of Life Sciences in Lublin, Department of Biochemistry and Food Chemistry,
Skromna Street 8, Lublin, 20-704, Poland

³University of South Bohemia in České Budějovice, Department of Plant Production,
Studentská Street 1668, České Budějovice, 370-05, Czech Republic

⁴University of South Bohemia in České Budějovice, Department of Food Biotechnologies and Agricultural Products'
Quality, Studentská Street 1668, České Budějovice, 370-05, Czech Republic

⁵University of Life Sciences in Lublin, Department of Machinery Exploitation and Management of Production
Processes, Głęboka Street 28, 20-612 Lublin

⁶University of South Bohemia in České Budějovice, Department of Landscape Management,
Studentská Street 1668, České Budějovice, 370-05, Czech Republic

*e-mail: magdalena.sozoniuk@up.edu.pl

W warunkach nasilających się zmian klimatu oraz rosnącej presji stresów środowiskowych poszukuje się rozwiązań wspierających stabilność produkcji roślinnej przy jednoczesnym ograniczaniu stosowania środków chemicznych. Jednym z obiecujących kierunków są biostymulatory pochodzenia naturalnego, które mogą korzystnie wpływać na wzrost, kondycję fizjologiczną i odporność roślin uprawnych. Szczególne zainteresowanie budzi możliwość zwiększenia skuteczności takich preparatów z wykorzystaniem nowoczesnych metod ich modyfikacji, w tym technologii plazmowych.

Celem pracy była ocena wpływu biostymulatora roślinnego oraz jego wariantów poddanych aktywacji plazmowej na wzrost, stan fizjologiczny i odpowiedzi obronne soi (*Glycine max* (L.)). Badania obejmowały analizę cech morfologicznych roślin, wybranych wskaźników biochemicznych i antyoksydacyjnych, zmian w składzie ściany komórkowej oraz ekspresji genów związanych z reakcją na stres i mechanizmami obronnymi.

Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowanie biostymulatorów pochodzenia roślinnego, szczególnie w wariantach modyfikowanych plazmą, może wspierać wzrost soi oraz aktywować złożone mechanizmy odpowiedzi obronnej. Zaobserwowane zmiany obejmowały m.in. stymulację wzrostu, modulację metabolizmu antyoksydacyjnego i wtórnego oraz aktywację procesów związanych z odpornością roślin. Wyniki badań potwierdzają potencjał plazmowo aktywowanych biostymulatorów roślinnych jako narzędzia wspierającego zrównoważoną produkcję roślinną oraz zwiększanie odporności upraw w warunkach zmieniającego się klimatu.

**OCENA TOLERANCJI SUSZY STAREGO GENOTYPU GROCHU NA PODSTAWIE
PARAMETRÓW FIZJOLOGICZNYCH I CECH PRODUKCYJNYCH**MARIOLA STANIAK^{1*}, ANNA STĘPIEŃ-WARDA¹, KATARZYNA CZOPEK¹, JAROSŁAW STALENGA²¹*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Uprawy Roślin i Jakości Plonu,
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*²*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Agroekologii i Ekonomiki, ul.
Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

* e-mail: Mariola.Staniak@iung.pulawy.pl

Zmiany klimatu, w tym coraz częstsze okresy niedoboru opadów, zwiększają potrzebę poszukiwania genotypów roślin uprawnych o podwyższonych zdolnościach adaptacyjnych do stresu wodnego. Cennym źródłem cech warunkujących tolerancję na niekorzystne warunki środowiska mogą być lokalne i stare zasoby genetyczne roślin bobowatych. W ramach projektu PROSPER oceniono reakcję lokalnego genotypu grochu POLCHE 0652 na niedobór wody oraz wpływ zastosowania biostymulatorów na tę reakcję, wykorzystując współczesną odmianę Batuta jako genotyp referencyjny.

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w 2026 r. w hali wegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, w układzie kompletnie zrandomizowanym, w trzech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem były dwa genotypy grochu: POLCHE 0652, pochodzący z zasobów Banku Genów IHAR-PIB, oraz współczesna odmiana Batuta wpisana do Krajowego Rejestru COBORU. Oba genotypy należały do form wąsolistnych. Drugim czynnikiem był reżim wodny: optymalne uwilgotnienie podłoża (60% ppw) oraz trzytygodniowy niedobór wody (30% ppw), wprowadzony w fazie początku kwitnienia. Trzecim czynnikiem było dolistne zastosowanie biostymulatorów Ascovigor i Aminovigor oraz obiekt kontrolny bez biostymulatora. Preparaty zastosowano dwukrotnie, w fazach BBCH 13–14 oraz BBCH 60, a po drugim zabiegu zróżnicowano warunki wilgotnościowe gleby. Reakcję roślin oceniano na podstawie parametrów wymiany gazowej liści: intensywności fotosyntezy netto (P_n), transpiracji (E), przewodnictwa szparkowego (g_s) i międzykomórkowego stężenia CO_2 (C_i). Po zakończeniu wegetacji określono wysokość roślin oraz cechy struktury plonu: liczbę strąków na roślinie, liczbę nasion w strąku i na roślinie, masę nasion z wazonu oraz masę tysiąca nasion (MTN). Wyniki poddano trójczynnikowej analizie wariancji ANOVA, a istotność różnic pomiędzy średnimi oceniono testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

Niedobór wody istotnie ograniczył wszystkie analizowane parametry wymiany gazowej. W porównaniu z optymalnym uwilgotnieniem intensywność fotosyntezy netto zmniejszyła się o około 19%, transpiracja o 46%, przewodnictwo szparkowe o 57%, a międzykomórkowe stężenie CO_2 o około 27%. Najsilniejszą reakcję na stres stwierdzono w przypadku przewodnictwa szparkowego, co wskazuje na wyraźne ograniczenie wymiany gazowej roślin w odpowiedzi na niedobór wody. Genotypy nie różniły się istotnie pod względem intensywności fotosyntezy, transpiracji ani międzykomórkowego stężenia CO_2 . Istotne różnice wystąpiły natomiast w przypadku przewodnictwa szparkowego, którego wartość u POLCHE 0652 była średnio o około 20% wyższa niż u Batuty. Reakcja parametrów wymiany gazowej na biostymulatory nie była jednoznaczna. Nie stwierdzono istotnego wpływu biostymulatorów na parametry wymiany gazowej, jednak dla niektórych cech wystąpiły istotne interakcje pomiędzy badanymi czynnikami. W przypadku fotosyntezy stwierdzono istotne interakcje genotyp $\times$ biostymulator, reżim wodny $\times$ biostymulator oraz genotyp $\times$ reżim wodny $\times$ biostymulator, co wskazuje na zróżnicowaną reakcję obu genotypów na aplikację preparatów zależnie od dostępności wody.

Stres wodny istotnie ograniczył również wzrost roślin i większość elementów struktury plonu. W porównaniu z warunkami optymalnego uwilgotnienia wysokość roślin zmniejszyła się o około 16%, liczba strąków na roślinie o 29%, liczba nasion w strąku o 28%, liczba nasion na roślinie o 49%, a masa nasion z wazonu o około 44%. Jednocześnie MTN zwiększyła się istotnie o około 10%, co

może wskazywać na kompensacyjne zwiększenie masy pojedynczych nasion przy ograniczeniu ich liczby. Genotypy różniły się istotnie pod względem części cech produkcyjnych. POLCHE 0652 wytwarzał średnio o około 31% więcej nasion w strąku oraz o około 39% więcej nasion na roślinie niż Batuta. Batuta charakteryzowała się natomiast istotnie większą wysokością roślin – o około 26% – oraz większą o około 16% MTN. Różnica w masie nasion z wazonu między genotypami nie była statystycznie istotna. Wpływ biostymulatorów na cechy produkcyjne był na ogół mniejszy niż wpływ niedoboru wody. Nie stwierdzono ich istotnego wpływu na wysokość roślin, liczbę strąków, masę nasion z wazonu ani MTN. Istotny efekt wykazano natomiast dla liczby nasion na roślinie; po zastosowaniu Aminovigoru była ona o około 22% większa niż na obiekcie kontrolnym bez biostymulatora. Występowanie interakcji reżim wodny $\times$ biostymulator wskazuje jednak, że skuteczność preparatów zależała od warunków dostępności wody.

Uzyskane wstępne wyniki potwierdzają silny, negatywny wpływ niedoboru wody w okresie kwitnienia na wymianę gazową, wzrost i kształtowanie plonu grochu. Reakcja badanych genotypów była zróżnicowana pod względem badanych cech. Odmiana POLCHE 0652 wyróżniała się wyższym przewodnictwem szparkowym oraz większą liczbą nasion w strąku i na roślinie, natomiast odmiana Batuta charakteryzowała się większą wysokością roślin i MTN. Wyniki wskazują, że ocena tolerancji grochu na stres wodny powinna uwzględniać jednocześnie reakcję fizjologiczną i cechy produkcyjne. Efektywność zastosowanych biostymulatorów była zależna od analizowanej cechy i warunków wodnych i wymaga dalszych badań.

**INTERAKCJA CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH I AGROTECHNICZNYCH
W KSZTAŁTOWANIU WZROSTU, ROZWOJU ORAZ POTENCJAŁU
PLONOTWÓRCZEGO ULTRAWCZESNEJ ODMIANY KUKURYDZY (*ZEAMAYS L.*)**

PIOTR SZULC

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii, ul. Dojazd 11, 60-632**Poznań,*

e-mail: piotr.szulc@up.poznan.pl

Celem pracy było określenie wpływu terminu siewu oraz zróżnicowanych warunków środowiskowych na wzrost, rozwój, zdrowotność i plonowanie ultrawczesnego mieszańca kukurydzy (*Zeamays L.*) o liczbie FAO 130 w warunkach klimatycznych Wielkopolski. Badania polowe przeprowadzono w latach 2016–2018 w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie założono w układzie jednoczynnikowym obejmującym sześć terminów siewu, od połowy kwietnia do końca czerwca. We wszystkich obiektach zastosowano jednakowy poziom nawożenia mineralnego oraz ochrony herbicydowej, co umożliwiło wyeliminowanie wpływu innych czynników agrotechnicznych i ocenę znaczenia terminu siewu oraz warunków meteorologicznych. Zakres badań obejmował ocenę obsady roślin po wschodach i przed zbiorem, dynamiki początkowego wzrostu, akumulacji suchej masy, zawartości chlorofilu wyrażonej w jednostkach SPAD, powierzchni asymilacyjnej, występowania chorób i szkodników, cech morfologicznych roślin i kolb, komponentów plonowania oraz plonu ziarna i jego wilgotności. Przeprowadzone badania wykazały, że termin siewu był jednym z najważniejszych czynników kształtujących wzrost i produktywność kukurydzy. Opóźnianie terminu siewu wpływało korzystnie na tempo początkowego wzrostu roślin oraz intensywność akumulacji suchej masy w pierwszych tygodniach wegetacji, jednak efekt ten nie przekładał się na zwiększenie plonu końcowego. Najwyższe wartości suchej masy pojedynczej rośliny oraz dziennego przyrostu suchej masy odnotowano dla siewów wykonanych w maju i czerwcu, co było związane z korzystniejszymi warunkami termicznymi podczas początkowych faz rozwojowych. Wykazano jednocześnie, że najwyższe plony ziarna uzyskano dla kukurydzy wysianej w drugiej połowie kwietnia i na początku maja (terminy A2–A3). Dalsze opóźnianie terminu siewu prowadziło do istotnego ograniczenia liczby kolb produkcyjnych, zmniejszenia masy tysiąca nasion oraz redukcji liczby ziaren w kolbie, czego konsekwencją był wyraźny spadek plonu ziarna. Szczególnie niekorzystne okazały się terminy czerwcowe, dla których odnotowano najniższe wartości analizowanych komponentów plonowania. Opóźnienie siewu powodowało również wzrost wilgotności ziarna podczas zbioru, co ograniczało jego wartość technologiczną i zwiększało potencjalne koszty dosuszania. Istotny wpływ na przebieg wzrostu i plonowanie kukurydzy miały również warunki pogodowe. Najmniej korzystny dla uprawy był rok 2018, charakteryzujący się wysoką temperaturą powietrza oraz znacznym deficytem opadów atmosferycznych. Warunki te przyczyniły się do ograniczenia obsady roślin, obniżenia zawartości chlorofilu w liściach oraz zmniejszenia liczby kolb produkcyjnych i masy tysiąca nasion. Analizy regresji wykazały, że plon ziarna był istotnie związany z temperaturą powietrza, sumą opadów atmosferycznych oraz sumą temperatur efektywnych (STE), przy czym charakter i siła tych zależności były uzależnione od roku badań oraz terminu siewu. Stwierdzono ponadto, że opóźnianie terminu siewu zwiększało podatność roślin na uszkodzenia powodowane przez ploniarkę zbożówkę (*Oscinella frit*), omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis*) oraz skrzypionkę zbożową (*Oulema melanopus*). W późniejszych terminach siewu obserwowano również większe nasilenie występowania wybranych chorób, zwłaszcza fuzarioz i głowni guzowatej. Uzyskane wyniki wskazują, że termin siewu odgrywa istotną rolę nie tylko w kształtowaniu plonu, lecz także w ograniczaniu presji agrofagów. Przeprowadzone analizy potwierdziły ponadto, że masa tysiąca nasion, liczba kolb na jednostce powierzchni oraz liczba ziaren w kolbie należą do najważniejszych

komponentów determinujących plon ziarna kukurydzy. Wykazano również istotne zależności pomiędzy plonem ziarna a parametrami opisującymi dynamikę początkowego wzrostu roślin, co wskazuje na możliwość wykorzystania tych cech do prognozowania potencjału plonotwórczego kukurydzy już we wczesnych fazach rozwojowych.

Słowa kluczowe: kukurydza, termin siewu, ultrawczesność, czynniki środowiskowe

**AGROTECHNICZNE DETERMINANTY ROZWOJU MORFOLOGICZNEGO
I PLONOWANIA KUKURYDZY (*ZEА MAYS* L.)**

PIOTR SZULC

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii, ul. Dojazd 11, 60-632
Poznań,
e-mail: piotr.szulc@up.poznan.pl*

Głównym celem badań było określenie wpływu terminu siewu, głębokości siewu oraz typu odmiany na wzrost, rozwój i plonowanie kukurydzy (*Zea mays* L.). Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2022–2023 w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Złotnikach koło Poznania, w układzie bloków losowanych z trzema czynnikami w czterech powtórzeniach polowych. Badano trzy terminy siewu (8 kwietnia, 24 kwietnia, 8 maja), pięć głębokości siewu (1, 3, 5, 7 i 9 cm) oraz dwie odmiany kukurydzy: flint (SY Pandoras) i dent (SY Fortago). W doświadczeniu oceniono szereg cech morfologicznych, fizjologicznych i plonotwórczych roślin, w tym obsadę po wschodach, suchą masę, zawartość chlorofilu, plon suchej masy i ziarna oraz elementy struktury plonu. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że warunki pogodowe w latach badań w istotny sposób determinowały poziom plonowania i kształtowanie cech morfologicznych kukurydzy, co potwierdzają wyraźnie wyższe wartości większości analizowanych parametrów w roku 2023, m.in. plonu ziarna ($10,17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ wobec $5,16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w 2022 roku) oraz suchej masy roślin ($10,55 \text{ g} \cdot \text{roślin}^{-1}$ wobec $0,92 \text{ g} \cdot \text{roślin}^{-1}$). Termin siewu istotnie różnicował zarówno plonowanie, jak i przebieg procesów wzrostu i rozwoju roślin, przy czym najpóźniejszy termin (8 maja) sprzyjał uzyskaniu najwyższego plonu ziarna ($8,45 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz suchej masy ($853,59 \text{ g} \cdot \text{roślin}^{-1}$), natomiast najwcześniejszy termin (8 kwietnia) determinował wyższe wartości masy tysiąca ziaren ($323,23 \text{ g}$), długości kolby ($19,16 \text{ cm}$) oraz wysokości roślin ($225,02 \text{ cm}$). Głębokość siewu wpływała na poziom plonowania i rozwój roślin, przy czym optymalny zakres 3–5 cm zapewniał najwyższy plon suchej masy (do $493,72 \text{ g} \cdot \text{roślin}^{-1}$) oraz korzystną obsadę roślin (około $7,10 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$), podczas gdy zbyt płytki siew (1 cm) obniżał wskaźnik LAI ($2,13$) oraz obsadę ($4,83 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$), a głęboki siew (7–9 cm) zwiększał uszkodzenia powodowane przez ploniarke zbożówkę do poziomu około 20,47–20,81%. Istotne różnice między odmianami potwierdzają silne uwarunkowanie cech badanych genotypem, przy czym odmiana SY Pandoras (Flint) wykazywała wyższe wartości LAI ($3,06$), powierzchnię asymilacyjną pojedynczej rośliny ($4649,82 \text{ cm}^2$) oraz wysokości roślin ($223,85 \text{ cm}$), natomiast odmiana SY Fortago (Dent) charakteryzowała się wyższym plonem ziarna ($7,99 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), większą masą tysiąca ziaren ($321,84 \text{ g}$) oraz większą średnicą kolby ($4,76 \text{ cm}$). Analiza struktury plonu wykazała, że liczba kolb (do $6,77 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ w terminie 24 kwietnia) oraz masa tysiąca ziaren były istotnie kształtowane przez czynniki agrotechniczne, natomiast liczba ziaren w kolbie pozostawała stabilna (ok. $487,84$ – $522,60 \text{ szt.}$) i nie wykazywała istotnej reakcji na badane czynniki. Parametry fizjologiczne, takie jak zawartość chlorofilu i wskaźnik LAI, wykazywały wysoką wrażliwość na zabiegi agrotechniczne, osiągając najwyższe wartości przy późnym terminie siewu (LAI $3,21$; chlorofil do $674,84$ jednostek SPAD) oraz przy głębokości 3–5 cm, co wskazuje na ich znaczenie jako wskaźników intensywności procesów asymilacyjnych. Cechy morfologiczne roślin były w większym stopniu uzależnione od terminu siewu i odmiany niż od głębokości siewu, co potwierdzają m.in. wartości długości kolby ($17,27$ – $19,16 \text{ cm}$), wysokości roślin ($210,86$ – $225,02 \text{ cm}$) oraz wysokości osadzenia kolb ($82,00$ – $89,94 \text{ cm}$), które różnicowały się głównie w zależności od terminu siewu i genotypu. Uzyskane wyniki wskazują, że najwyższą efektywność produkcyjną można osiągnąć przy optymalnym dostosowaniu terminu siewu do warunków pogodowych (praktycznie druga i trzecia dekada kwietnia), zastosowaniu głębokości siewu w przedziale 3–5 cm oraz doborze odmiany o wysokim potencjale plonotwórczym, co umożliwia uzyskanie stabilnych plonów na poziomie. Najważniejszym i najbardziej stabilnym czynnikiem determinującym plon ziarna kukurydzy była liczba kolb, natomiast MTN pełniła rolę uzupełniającą, szczególnie

w warunkach stresowych i przy opóźnionym siewie. Znaczenie poszczególnych komponentów struktury plonu było silnie uzależnione od warunków środowiskowych oraz czynników agrotechnicznych, co wskazuje na konieczność optymalizacji terminu i głębokości siewu w celu maksymalizacji plonu.

Słowa kluczowe: kukurydza, agrotechnika, plonowanie, parametry fizjologiczne

**INTERAKCJA CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH I AGROTECHNICZNYCH
W KSZTAŁTOWANIU WZROSTU, ROZWOJU ORAZ POTENCJAŁU
PLONOTWÓRCZEGO ULTRAWCZESNEJ ODMIANY KUKURYDZY (*ZEAMAYS L.*)**

PIOTR SZULC

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii, ul. Dojazd 11, 60-632
Poznań,*

e-mail: piotr.szulc@up.poznan.pl

Celem pracy było określenie wpływu terminu siewu oraz zróżnicowanych warunków środowiskowych na wzrost, rozwój, zdrowotność i plonowanie ultrawczesnego mieszańca kukurydzy (*Zeamays L.*) o liczbie FAO 130 w warunkach klimatycznych Wielkopolski. Badania polowe przeprowadzono w latach 2016–2018 w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie założono w układzie jednoczynnikowym obejmującym sześć terminów siewu, od połowy kwietnia do końca czerwca. We wszystkich obiektach zastosowano jednakowy poziom nawożenia mineralnego oraz ochrony herbicydowej, co umożliwiło wyeliminowanie wpływu innych czynników agrotechnicznych i ocenę znaczenia terminu siewu oraz warunków meteorologicznych. Zakres badań obejmował ocenę obsady roślin po wschodach i przed zbiorem, dynamiki początkowego wzrostu, akumulacji suchej masy, zawartości chlorofilu wyrażonej w jednostkach SPAD, powierzchni asymilacyjnej, występowania chorób i szkodników, cech morfologicznych roślin i kolb, komponentów plonowania oraz plonu ziarna i jego wilgotności. Przeprowadzone badania wykazały, że termin siewu był jednym z najważniejszych czynników kształtujących wzrost i produktywność kukurydzy. Opóźnianie terminu siewu wpływało korzystnie na tempo początkowego wzrostu roślin oraz intensywność akumulacji suchej masy w pierwszych tygodniach wegetacji, jednak efekt ten nie przekładał się na zwiększenie plonu końcowego. Najwyższe wartości suchej masy pojedynczej rośliny oraz dziennego przyrostu suchej masy odnotowano dla siewów wykonanych w maju i czerwcu, co było związane z korzystniejszymi warunkami termicznymi podczas początkowych faz rozwojowych. Wykazano jednocześnie, że najwyższe plony ziarna uzyskano dla kukurydzy wysianej w drugiej połowie kwietnia i na początku maja (terminy A2–A3). Dalsze opóźnianie terminu siewu prowadziło do istotnego ograniczenia liczby kolb produkcyjnych, zmniejszenia masy tysiąca nasion oraz redukcji liczby ziaren w kolbie, czego konsekwencją był wyraźny spadek plonu ziarna. Szczególnie niekorzystne okazały się terminy czerwcowe, dla których odnotowano najniższe wartości analizowanych komponentów plonowania. Opóźnienie siewu powodowało również wzrost wilgotności ziarna podczas zbioru, co ograniczało jego wartość technologiczną i zwiększało potencjalne koszty dosuszania. Istotny wpływ na przebieg wzrostu i plonowanie kukurydzy miały również warunki pogodowe. Najmniej korzystny dla uprawy był rok 2018, charakteryzujący się wysoką temperaturą powietrza oraz znacznym deficytem opadów atmosferycznych. Warunki te przyczyniły się do ograniczenia obsady roślin, obniżenia zawartości chlorofilu w liściach oraz zmniejszenia liczby kolb produkcyjnych i masy tysiąca nasion. Analizy regresji wykazały, że plon ziarna był istotnie związany z temperaturą powietrza, sumą opadów atmosferycznych oraz sumą temperatur efektywnych (STE), przy czym charakter i siła tych zależności były uzależnione od roku badań oraz terminu siewu. Stwierdzono ponadto, że opóźnianie terminu siewu zwiększało podatność roślin na uszkodzenia powodowane przez ploniarkę zbożówkę (*Oscinella frit*), omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis*) oraz skrzypionkę zbożową (*Oulema melanopus*). W późniejszych terminach siewu obserwowano również większe nasilenie występowania wybranych chorób, zwłaszcza fuzarioz i głowni guzowatej. Uzyskane wyniki wskazują, że termin siewu odgrywa istotną rolę nie tylko w kształtowaniu plonu, lecz także w ograniczaniu presji agrofagów. Przeprowadzone analizy potwierdziły ponadto, że masa tysiąca nasion, liczba kolb na jednostce powierzchni oraz liczba ziaren w kolbie należą do najważniejszych komponentów determinujących plon ziarna kukurydzy. Wykazano również istotne zależności

pomiędzy plonem ziarna a parametrami opisującymi dynamikę początkowego wzrostu roślin, co wskazuje na możliwość wykorzystania tych cech do prognozowania potencjału plonotwórczego kukurydzy już we wczesnych fazach rozwojowych.

Słowa kluczowe: kukurydza, termin siewu, ultrawczesność, czynniki środowiskowe

WYSTĘPOWANIE GRZYBÓW ENTOMOPATOGENICZNYCH W GLEBACH Z WYBRANYCH SIEDLISK W SYSTEMIE AGROLEŚNYM

CEZARY TKACZUK¹, ANNA MAJCHROWSKA-SAFARYAN^{1*}, PAWEŁ PERCIŃSKI¹

¹Uniwersytet w Siedlcach, Wydział Nauk Rolniczych, Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa,
ul. Konarskiego 2, 08-110 Siedlce

*anna.majchrowska-safaryan@uws.edu.pl

Grzyby entomopatogeniczne stanowią prawdopodobnie najbardziej rozpoznawalne mikroorganizmy infekujące szkodniki roślin. Szacuje się, że są odpowiedzialne za około 60% przypadków chorób epizootycznych, czyli chorób zakaźnych u owadów i innych stawonogów. Występujące zarówno w środowisku naturalnym jak i przekształconym w wyniku działalności człowieka, grzyby entomopatogeniczne powodują istotne ograniczenie liczebności szkodliwych owadów, a potencjał ten wykorzystywany jest w biologicznych metodach ochrony upraw rolniczych oraz leśnych. Zalesienia porolne stanowią systemową metodę zagospodarowania gleb o najsłabszej przydatności rolniczej. Przekształcają one tereny użytkowane rolniczo, włączając w ich strukturę siedliska leśne. Wiąże się to z przemianami w środowisku glebowym oraz niesie za sobą liczne korzyści ekologiczne. Zwiększenie bioróżnorodności owadów oraz grzybów entomopatogenicznych jako jedna z tych korzyści jest przedmiotem wielu badań prowadzonych nad poprawą struktury agrocenoz w celu zmniejszenia wpływu rolnictwa na środowisko naturalne. Badania nad populacjami grzybów entomopatogenicznych w siedliskach leśnych oraz użytkowanych rolniczo pokazują, że obydwa te środowiska różnią się od siebie pod względem występujących tam gatunków tych grzybów.

Celem niniejszych badań była analiza porównawcza występowania grzybów entomopatogenicznych w glebach z wybranych zalesień porolnych na terenie Nadleśnictwa Siedlce oraz sąsiadujących z nimi bezpośrednio polami uprawnymi i wieloletnimi siedliskami leśnymi.

Materiał do badań stanowiły próbki gleb pobrane w 2023 r. na terenie sześciu miejscowości zlokalizowanych na obszarze Nadleśnictwa Siedlce w województwie mazowieckim w gminach Skórzec i Domanice. W każdej miejscowości próbki gleby do badań pobierano w dwóch terminach wiosennym i jesiennym z trzech typów sąsiadujących bezpośrednio ze sobą siedlisk: zalesienia porolnego, pola uprawnego oraz lasu, za pomocą laski glebowej do głębokości 20 cm, z 6 losowo wybranych miejsc. Grzyby entomopatogeniczne izolowano za pomocą wysiewu roztworów glebowych na podłoże selektywne, opracowanym przez Strassera i wsp. [1996]. Wyniki wyrażono w postaci liczby jednostek tworzących kolonie (jtk) poszczególnych rodzajów grzybów entomopatogenicznych w 1g suchej gleby. Grzyby identyfikowano do rangi rodzaju na podstawie charakterystyki morfologicznej prowadzonej w oparciu o sporządzane preparaty mikroskopowe (wielkość, kształt zarodników i komórek zarodnikotwórczych) z wykorzystaniem standardowych kluczy [Inglis i wsp. 2012; Humber 2012]. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem programu Statistica 13.3 TIBCO Software Inc. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) czynników głównych i post-hoc test Tukeya. Wyliczone średnie połączono w jednorodne grupy na poziomie istotności $\alpha < 0,05$.

Z badanych gleb, sąsiadujących ze sobą siedlisk (zalesienia porolne, pola uprawne, lasy) wyizolowano cztery rodzaje grzybów entomopatogenicznych: *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp., *Cordyceps* spp., oraz *Akanthomyces* spp. Występowanie poszczególnych rodzajów grzybów oraz zagęszczenie jednostek tworzących kolonie było istotnie statystycznie zróżnicowane w zależności od stanowiska, typu siedliska oraz pory roku. Średnie zagęszczenie jednostek tworzących kolonie wszystkich rodzajów grzybów entomopatogenicznych łącznie w glebach pobranych wiosną 2023 r. było największe w próbkach pochodzących z pól uprawnych ($26,2 \times 10^3 \text{g}^{-1} \text{jtk}$), następnie zalesień porolnych ($17,6 \times 10^3 \text{g}^{-1} \text{jtk}$), najmniejsze natomiast w glebach pobranych z lasów ($9,4 \times 10^3 \text{g}^{-1} \text{jtk}$). Podobną tendencję zaobserwowano jesienią, gdzie grzyby entomopatogeniczne łącznie w próbkach

glebowych pobranych z pól uprawnych i sąsiadujących z nimi zalesień porolnych i lasów tworzyły średnio, odpowiednio $33,4 \times 10^3$; $17,7 \times 10^3$ oraz $4,4 \times 10^3$ jtk w 1g gleby. Dominującym rodzajem grzybów entomopatogenicznych, tworzącym najwięcej jednostek infekcyjnych, w glebach z zalesień porolnych oraz sąsiadujących z nimi pól uprawnych był *Metarhizium* spp. Wiosną i jesienią rodzaj *Beauveria* dominował w glebach leśnych z sześciu badanych stanowisk, a w glebach z zalesień porolnych tworzył więcej kolonii niż w glebach z pól uprawnych. W glebach ze starszych zalesień porolnych stwierdzono średnio więcej jednostek tworzących kolonie grzybów, niż z młodszych zalesień. W próbach z młodszych zalesień wykazano większe zagęszczenie jtk grzybów z rodzaju *Beauveria*, niż w glebach ze starszych zalesień porolnych, gdzie nastąpił wzrost populacji *Metarhizium* spp. oraz *Akanthmyces* spp.

Literatura

1. Humber, A. R. 2012. Identification of Entomopathogenic Fungi. Chapter VI. – In: Lacey, L. A. (ed.) Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Academic Press, London
2. Inglis, G. D., Enkerli, J., Goettel, M. S. 2012. Laboratory techniques used for techniques in invertebrate pathology. London Academic Press, London.
3. Strasser H., Forrer A., Schinner F. 1996. Development of media for the selective isolation and maintenance of virulence of *Beauveria brongniartii*. W: Microbial control of soil dwelling pests. (ed. T.A. Jackson and T.R. Glare), AgResearch, Lincoln, New Zealand: 125-130.

OCENA SKUTECZNOŚCI INNOWACYJNEJ METODY HIGIENIZACJI ODPADÓW ORGANICZNYCH PRZEZNACZONYCH DO WYKORZYSTANIA W NAWOŻENIUDAMIAN WACH^{1*}, PIOTR SKOWRON¹, MONIKA KARSZNIA¹¹*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Nawożenia i Zarządzania Składnikami Pokarmowymi, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

*e-mail: dwach@iung.pulawy.pl

W środowisku przyrodniczym nie funkcjonuje pojęcie odpadów, ponieważ materia nieustannie krąży w zamkniętych cyklach przemian, a jej ilość pozostaje niezmienna. Odpady organiczne są natomiast efektem działalności człowieka i powstają w wyniku nadmiernego nagromadzenia materii organicznej, przekraczającego zdolności adaptacyjne środowiska. W odpowiedzi na ten problem rozwijane są działania zmierzające do ograniczenia ilości odpadów, ich ponownego wykorzystania, przetworzenia i właściwego zagospodarowania. Istotną rolę w tym zakresie odgrywają komunalne oczyszczalnie ścieków oraz biogazownie rolnicze, które przyczyniają się odpowiednio do poprawy jakości wód powierzchniowych oraz zagospodarowania odpadów organicznych poprzez produkcję biogazu i biometanu. Jednocześnie procesy te prowadzą do powstawania produktów ubocznych – odwodnionych osadów ściekowych i pofermentów – których bezpieczne zagospodarowanie stanowi jedno z głównych wyzwań środowiskowych.

Możliwość wykorzystania osadów ściekowych i pofermentów jako nawozów organicznych jest uzależniona od spełnienia rygorystycznych wymagań dotyczących bezpieczeństwa biologicznego i chemicznego. Szczególnie trudne do osiągnięcia są normy związane z eliminacją organizmów chorobotwórczych oraz zanieczyszczeń chemicznych. Materiały zawierające odchody lub uboczne produkty pochodzenia zwierzęcego mogą być źródłem wielu patogenów, takich jak wirusy, riketsje, bakterie, grzyby oraz formy dyspersyjne pasożytów, a ponadto mogą zawierać metale ciężkie. Zgodnie z obowiązującymi przepisami komunalne osady ściekowe przeznaczone do wykorzystania w rolnictwie nie mogą zawierać jaj pasożytów jelitowych z rodzajów *Ascaris*, *Toxocara* i *Trichuris*. Natomiast w przypadku stosowania osadów do rekultywacji terenów, uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz dopuszczalna łączna liczba jaj tych pasożytów nie może przekraczać 300 szt./kg suchej masy. Dodatkowo nawozy zawierające przetworzone uboczne produkty pochodzenia zwierzęcego muszą spełniać wymagania mikrobiologiczne dotyczące obecności bakterii *Escherichia coli* oraz/lub bakterii z grupy *Enterobacteriaceae*, których liczebność nie może przekraczać 1000 jtk/g.

Celem projektu OrgSafety było opracowanie technologii higienizacji komunalnych osadów ściekowych oraz pofermentów pochodzących z biogazowni rolniczych z wykorzystaniem roślin fitosanityzujących. Opracowana technologia miała umożliwić skuteczne ograniczenie zagrożeń biologicznych, zapewniając spełnienie obowiązujących wymagań bezpieczeństwa, co stanowi warunek wykorzystania tych materiałów jako nawozów organicznych.

Badania realizowano etapowo. W pierwszym etapie, prowadzonym w hali wegetacyjnej, dokonano wyboru roślin o największym potencjale fitosanityzującym oraz określono optymalne warunki ich wzrostu na podłożach przygotowanych z osadów ściekowych lub pofermentów z dodatkiem materiałów strukturalnych. Drugi etap obejmował dwuletnią uprawę wyselekcjonowanych gatunków na mikropoletach wypełnionych mieszaniną osadu lub pofermentu z dodatkiem strukturalnym oraz ocenę ich skuteczności w eliminacji mikroorganizmów wskaźnikowych i jaj pasożytów. Ostatnim etapem projektu była ocena wartości nawozowej produktów uzyskanych po procesie fitosanityzacji oraz określenie ich przydatności do zastosowań rolniczych.

Spośród kilkunastu analizowanych gatunków roślin do dalszych badań wybrano cztery: rzodkiew oleistą, gorczycę białą, aksamitkę rozpierzchlą oraz grykę zwyczajną. Wszystkie wykazywały zdolność do ograniczania liczebności bakterii z rodzaju *Salmonella*, pałeczek *Escherichia coli* oraz

form pasożytniczych obecnych w badanych podłożach. Skuteczność procesu fitosanitaryzacji była jednak zróżnicowana i zależała zarówno od gatunku rośliny, rodzaju eliminowanego patogenu, jak i rodzaju podłoża. Ponadto stwierdzono, że efektywność procesu zwiększała się wraz z wydłużeniem czasu prowadzenia fitosanitaryzacji, co potwierdzono w drugim etapie badań.

W wyniku procesu fitosanitaryzacji uzyskano osiem produktów nawozowych, które następnie wykorzystano w doświadczeniach wazonowych prowadzonych w hali wegetacyjnej z udziałem roślin testowych: kukurydzy, pszenicy jarej oraz gorczycy białej. Wyniki dwuletnich badań wykazały, że wszystkie otrzymane produkty nawozowe, niezależnie od tego, czy zostały wytworzone z osadów ściekowych, czy z pofermentów, pozytywnie wpływały na plonowanie roślin testowych.

Spośród badanych gatunków najwyższą skuteczność fitosanitaryzującą wykazywała rzodkiew oleista, efektywnie ograniczając obecność wszystkich analizowanych patogenów wskaźnikowych zarówno w osadach ściekowych, jak i w pofermentach. W przypadku pozostałych gatunków efektywność działania była uzależniona od rodzaju podłoża oraz rodzaju eliminowanego patogenu. Wszystkie produkty nawozowe uzyskane w ramach projektu OrgSafety, niezależnie od zastosowanej rośliny fitosanitaryzującej, spełniały wymagania dotyczące minimalnej zawartości składników pokarmowych oraz substancji organicznej, co potwierdza ich potencjał do wykorzystania jako bezpiecznych nawozów organicznych.

**OCENA WARTOŚCI AGRONOMICZNEJ PELETYZOWANEGO POFERMENTU
POCHODZENIA ROŚLINNEGO W UPRAWIE KUKURYDZY**DAMIAN WACH^{1*}, PIOTR SKOWRON¹, MONIKA KARSZNIA¹¹*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Nawożenia i Zarządzania
Składnikami Pokarmowymi, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

*e-mail: dwach@iung.pulawy.pl

Rosnące znaczenie gospodarki o obiegu zamkniętym oraz potrzeba ograniczenia strat składników pokarmowych powodują wzrost zainteresowania nawozami organicznymi wytwarzanymi z biomasy odpadowej. Szczególną uwagę zwracają nawozy powstające w procesach fermentacji beztlenowej, które umożliwiają jednoczesne zagospodarowanie produktów ubocznych oraz recykling składników pokarmowych. Oprócz dostarczania roślinom makroelementów mogą one również korzystnie wpływać na właściwości gleby, wspierając długoterminową żyzność i zrównoważoną produkcję roślinną.

Celem badań była ocena efektywności agronomicznej peletyzowanego pofermentu pochodzenia roślinnego (*plant-based digestate pellet*) w porównaniu z obornikiem bydlęcym oraz zredukowanym mineralnym nawożeniem azotowym (0 kg N oraz 25% dawki azotu – 45kg N). Dwuletnie doświadczenia polowe prowadzono w latach 2024–2025 w uprawie kukurydzy przeznaczonej na kiszonkę. Oceniano wzrost roślin, wartość wskaźnika SPAD, akumulację biomasy, plon suchej masy, skład chemiczny roślin oraz wybrane właściwości fizykochemiczne i biologiczne gleby.

W latach 2024–2025 nawożenie organiczne istotnie poprawiało odżywienie azotem roślin kukurydzy w porównaniu z obiektem nienawożonym, co potwierdziły wartości wskaźnika SPAD. W 2024 roku najwyższe wartości SPAD uzyskano po zastosowaniu peletyzowanego pofermentu, natomiast w 2025 roku po zastosowaniu obornika. W obu sezonach wartości SPAD w obiektach nawożonych organicznie były porównywalne ze zredukowanym nawożeniem azotowym do 25% dawki. W 2024 roku najwyższy plon suchej masy kiszonki uzyskano po zastosowaniu peletu z pofermentu, natomiast w 2025 roku najwyższy plon odnotowano w obiekcie z nawożeniem azotowym w dawce 45 kg N/ha. Jednocześnie plony uzyskane po zastosowaniu peletyzowanego pofermentu, obornika i zredukowanej dawki mineralnego nawożenia azotowego nie różniły się istotnie statystycznie.

W pierwszym roku badań zastosowanie nawozów organicznych skutkowało wyższą zawartością azotu i fosforu w plonie kukurydzy w porównaniu z nawożeniem mineralnym. Zależności tej nie potwierdzono jednak w drugim roku badań, kiedy zawartość tych składników była porównywalna we wszystkich wariantach nawożenia. Jednocześnie w obu latach doświadczenia zawartość potasu w suchej masie kukurydzy była istotnie niższa w obiektach nawożonych obornikiem i peletem pofermentacyjnym niż w obiektach nawożonych mineralnie.

Stosowanie organicznych nawozów odzyskujących biogeny korzystnie wpływało na właściwości gleby, szczególnie w zakresie jakości materii organicznej. W obu latach obserwowano zwiększenie udziału stabilnych frakcji próchnicznych, a w 2025 roku również wzrost zawartości humin oraz obniżenie wskaźnika depolimeryzacji, wskazujące na tworzenie bardziej trwałych kompleksów organiczno-mineralnych. Aktywność mikrobiologiczna gleby wykazywała zmienność pomiędzy sezonami i nie wykazywała jednoznacznego, powtarzalnego trendu, co potwierdza złożony charakter odpowiedzi biologicznej gleby na nawożenie organiczne.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że pelet z pofermentu pochodzenia roślinnego może stanowić skuteczną alternatywę dla tradycyjnych nawozów organicznych i uzupełnienie nawożenia

mineralnego. Oprócz zapewnienia plonów porównywalnych z nawożeniem konwencjonalnym, jego stosowanie sprzyja poprawie jakości materii organicznej gleby, wspierając rozwój bardziej zrównoważonych systemów produkcji rolniczej oraz efektywny recykling składników pokarmowych.

STRUWIT I ROZTWÓR SIARCZANU AMONU ODZYSKANE Z ODPADÓW ORGANICZNYCH JAKO NAWOZY W UPRAWIE PSZENICY I KUKURYDZYDAMIAN WACH^{1*}, PIOTR SKOWRON¹, MONIKA KARSZNIA¹¹*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Nawożenia i Zarządzania Składnikami Pokarmowymi, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

*e-mail: dwach@iung.pulawy.pl

Rolnictwo stoi obecnie przed koniecznością ograniczenia zużycia nieodnawialnych surowców do produkcji nawozów mineralnych oraz zwiększenia efektywności wykorzystania składników pokarmowych zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym. Jednym z kierunków realizacji tych celów jest wykorzystanie nawozów odzyskujących składniki pokarmowe (*Recycled Nutrient Fertilizers* – RNF), takich jak struwit odzyskiwany z oczyszczania ścieków oraz roztwór siarczanu amonu (*Ammonium Sulphate Liquid* – ASL) powstający podczas odzysku amoniaku z produktów fermentacji beztlenowej.

Celem badań była ocena efektywności agronomicznej RNF w porównaniu do nawożenia mineralnego w warunkach uprawy polowej oraz możliwości zastąpienia części nawożenia mineralnego alternatywnymi nawozami w produkcji roślinnej.

Dwa doświadczenia polowe z pszenicą (jarą i ozimą) oraz kukurydzą na kiszonkę prowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Grabowie nad Wisłą w latach 2024-2025. Doświadczenie założono w układzie długich pasów z lustrzanym odbiciem w czterech powtórzeniach, w którym oceniano efektywność agronomiczną struwitu i roztworu siarczanu amonu w porównaniu do standardowego nawożenia mineralnego. Porównania dokonywano w oparciu o parametry roślinne takie jak akumulacja biomasy w trakcie wegetacji i plon końcowy oraz pobrania składników pokarmowych w trzech fazach rozwojowych. Oceniano wpływ rodzaju nawozu oraz poziomu nawożenia azotem na wzrost roślin, wartość wskaźnika SPAD, plon, pobranie składników pokarmowych oraz wybrane właściwości gleby.

W obu latach badań głównym czynnikiem wpływającym na rozwój roślin był poziom nawożenia azotem, natomiast forma zastosowanego azotu nie różnicowała akumulacji biomasy, wartości wskaźnika SPAD ani plonowania. Zarówno w pszenicy, jak i kukurydzy ograniczenie dawki azotu do 50% powodowało obniżenie wartości SPAD oraz spadek plonu, podczas gdy zwiększenie nawożenia do 125% nie przynosiło istotnych korzyści produkcyjnych w porównaniu z pełną (100%) dawką azotu. Zastosowanie struwitu jako źródła fosforu nie wpływało negatywnie na plonowanie roślin ani na zasobność gleby w fosfor.

Roztwór siarczanu amonu (ASL) wykazywał wysoką efektywność agronomiczną. Wskaźnik zastępowalności nawozów mineralnych (*Mineral Fertilizer Replacement Value* – MFRV) wynosił odpowiednio 95,7 i 97,1% dla pszenicy oraz 98,5 i 105,7% dla kukurydzy w sezonach 2024 i 2025, potwierdzając możliwość zastąpienia nawożenia mineralnego tym nawozem w warunkach polowych. Skład chemiczny plonu był determinowany głównie poziomem nawożenia azotem, natomiast zastosowanie RNF nie powodowało istotnych zmian zawartości fosforu, potasu i siarki w roślinach.

Zmiany właściwości gleby po zastosowaniu nawozów odzyskujących biogeny były niewielkie i nie wskazywały na negatywny wpływ badanych produktów na jej stan. Stosowanie struwitu nie obniżało zasobności gleby w fosfor, natomiast zastosowanie ASL w niewielkim stopniu zwiększyło zawartość siarki w glebie jedynie w przypadku pszenicy jarej w pierwszym roku badań, w pozostałych przypadkach nie obserwowano podobnego zjawiska.

Dwuletnie wyniki badań potwierdziły, że nawozy odzyskujące składniki pokarmowe (ASL i Struwit), charakteryzują się wysoką efektywnością agronomiczną zbliżoną do nawozów mineralnych. Mogą one stanowić pełnowartościową alternatywę dla konwencjonalnych nawozów w uprawie pszenicy i kukurydzy, przyczyniając się do ograniczenia zużycia surowców

nieodnawialnych oraz wspierając rozwój zrównoważonych systemów nawożenia zgodnych z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym.

**DYNAMIKA WYSTĘPOWANIA ORAZ ZNACZENIE GOSPODARCZE CHOWACZY
(CEUTORHYNCHUS SPP.) W UPRAWIE RZEPAKU OZIMEGO NA TLE ZMIAN
ŚRODOWISKOWYCH W OSTATNICH LATACH**KATARZYNA WASZAK^{1*}, JACEK BRONIARZ¹, TOMASZ LENARTOWICZ¹, PIOTR SZULC²¹Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, 63-022 Słupia Wielka²Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii, ul. Dojazd 11,
60-632 Poznań

*e-mail: katarzyna_mroczyk89@wp.pl

Rzepak ozimy (*Brassica napus* L.) stanowi jedno z najważniejszych roślinnych źródeł tłuszczu, a jego uprawa jest szeroko rozpowszechniona zarówno w Polsce, jak i na świecie. Rośliny rzepaku narażone są na atak licznych szkodników, w tym chowaczy należących do rodziny ryjkowcowatych (*Curculionidae*). W Polsce do najważniejszych gatunków zagrażających uprawom rzepaku ozimego należą: chowacz brukwiacek (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), chowacz czterozębny (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh.) oraz chowacz podobnik (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.). Żerowanie chowaczy prowadzi do uszkodzeń łodyg i łuszczyń, powodując osłabienie roślin, zwiększenie ich podatności na infekcje patogenów oraz obniżenie plonu. Przy silnym nasileniu występowania tych szkodników może dochodzić do łamania łodyg, zaburzeń wzrostu i rozwoju roślin oraz znacznych strat ilościowych i jakościowych plonu. Z tego względu monitorowanie i ograniczanie liczebności chowaczy stanowi istotny element integrowanej ochrony rzepaku ozimego. Metody ograniczania populacji tych szkodników obejmują stosowanie prawidłowej agrotechniki, zachowanie odpowiedniej izolacji przestrzennej plantacji od innych roślin kapustowatych, monitorowanie nalotów owadów oraz racjonalne wykorzystanie środków ochrony roślin. W związku z rosnącym znaczeniem rzepaku jako surowca dla przemysłu olejarskiego i produkcji biopaliw skuteczna ochrona plantacji nabiera szczególnego znaczenia gospodarczego. Znajomość biologii, morfologii, cyklu rozwojowego oraz szkodliwości chowaczy jest niezbędna dla rolników i specjalistów zajmujących się ochroną roślin. Szacuje się, że straty powodowane przez chowacze łodygowe wynoszą średnio od 10 do 12% plonu, natomiast szkody wywoływane przez chowacze łuszczyńowe mogą sięgać od 15 do nawet 50%. Szkodniki te stanowią poważne zagrożenie dla producentów rzepaku, a ich znaczenie gospodarcze wzrasta w wyniku zmian agroklimatycznych, uproszczeń technologii uprawy oraz zwiększania areału tej rośliny. Celem pracy była analiza wpływu chowaczy łodygowych i łuszczyńowych na plonowanie rzepaku ozimego w Polsce z uwzględnieniem czynników determinujących poziom szkodliwości tych owadów. W pracy przedstawiono procedurę oraz metodykę badań wartości gospodarczej odmian (WGO) rzepaku ozimego prowadzonych przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Badania WGO stanowią istotny element procesu oceny i rejestracji nowych odmian roślin uprawnych przed ich wpisaniem do Krajowego Rejestru. Ich celem jest określenie wartości użytkowej nowych odmian oraz ich przydatności do produkcji rolniczej. Analiza wyników uzyskanych w sezonach 2024/2025 oraz 2025/2026 wykazała wyraźne różnice w przebiegu uprawy rzepaku ozimego pomiędzy badanymi latami. Największe zagrożenie dla plantacji stanowiły: pchełka rzepakowa, śmietka kapuściana, chowacz brukwiacek, słodyszek rzepakowy oraz chowacz podobnik. W sezonie 2024/2025 najliczniej odławianym gatunkiem w żółtych naczyniach był chowacz brukwiacek. W okresie największego nasilenia jego liczebność osiągała około 20 osobników na naczynie w ciągu doby. Natomiast w sezonie 2025/2026 największe zagrożenie stanowił słodyszek rzepakowy, którego liczebność wynosiła miejscami około 8 chrząszczy na roślinę. Do zwalczania szkodników stosowano przemienne środki ochrony roślin zawierające substancje czynne: lambda-cyhalotrynę, acetamipryd oraz deltametrynę. Zastosowane preparaty wykazały wysoką skuteczność i pozwoliły na zadowalające ograniczenie liczebności szkodników. Jedynie w dwóch przypadkach w 2025 roku konieczne było powtórzenie zabiegów przeciwko pchełce rzepakowej i słodyszkowi rzepakowemu,

co było związane z niekorzystnymi warunkami pogodowymi obniżającymi skuteczność pierwszej aplikacji. Na ograniczoną możliwość rotacji substancji czynnych wpływała niewielka liczba dostępnych środków ochrony roślin oraz uwarunkowania ekonomiczne. Jednocześnie stwierdzono, że prawidłowo przeprowadzona agrotechnika przed siewem i po siewie korzystnie wpływała na kondycję roślin oraz ograniczała skutki presji szkodników. W wyniku przeprowadzonych badań do Krajowego Rejestru wpisano 19 nowych odmian rzepaku ozimego w 2025 roku oraz 21 nowych odmian w 2026 roku. Uzyskane wyniki potwierdzają konieczność systematycznego monitorowania plantacji, dostosowywania strategii ochrony do aktualnych warunków pogodowych oraz prowadzenia dalszych badań nad efektywnymi metodami ograniczania szkodników w uprawie rzepaku ozimego.

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, szkodniki, czynniki środowiskowe

PLONOWANIE I EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA PRODUKCJI PSZENICY W POLSCE W LATACH 1995–2024 W WARUNKACH ZMIAN KLIMATYCZNYCH I WZROSTU KOSZTÓW PRODUKCJI

IZABELA WIELEWSKA*, EDWARD WILCZEWSKI

*Politechnika Bydgoska, im. J.J. Śniadeckich, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Agronomii
i Przetwórstwa Żywności, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz*

*e-mail: izabela.wielewska@pbs.edu.pl

Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.) jest najważniejszą rośliną uprawną w Polsce i jedną z najbardziej znaczących roślin na świecie. Jej znaczenie wynika zarówno z dużego udziału w strukturze zasiewów, jak i z podstawowej roli w zapewnieniu bezpieczeństwa żywnościowego. Ziarno pszenicy jest surowcem wykorzystywanym przede wszystkim w przemyśle młynarskim i piekarskim, dlatego zmiany poziomu jej produkcji mają istotne znaczenie gospodarcze, społeczne i rynkowe. Stabilność produkcji pszenicy wpływa na sytuację ekonomiczną gospodarstw rolnych, funkcjonowanie krajowego rynku zbóż oraz bezpieczeństwo zaopatrzenia w podstawowe produkty żywnościowe.

Celem niniejszej pracy jest ocena zmian plonowania oraz efektywności ekonomicznej produkcji pszenicy w Polsce w latach 1995–2024 w warunkach nasilających się zmian klimatycznych i wzrostu kosztów podstawowych środków produkcji. Podjęta problematyka jest istotna, ponieważ sama analiza poziomu plonów lub cen skupu nie pozwala na pełną ocenę sytuacji producentów zbóż. W warunkach niestabilnych parametrów pogodowych zmieniających się kosztów produkcji, konieczne jest łączne uwzględnienie efektów produkcyjnych, wartości produkcji oraz relacji cenowych między produktem rolnym a nakładami. W badaniach wykorzystano dane Głównego Urzędu Statystycznego dotyczące plonów pszenicy, cen skupu ziarna, cen oleju napędowego oraz cen wybranych nawozów mineralnych, tj. saletry amonowej (zawierającej 34% N), superfosfatu granulowanego (20% P₂O₅) i nawozu wieloskładnikowego Polifoska 8–24–24 (8% N, 24% P₂O₅ oraz 24% K₂O). Analizę przeprowadzono dla całego trzydziestoletniego okresu oraz dla czterech podokresów odpowiadających głównym etapom przemian gospodarczych i rynkowych w polskim rolnictwie: 1995–2003 (okres przedakcesyjny, obejmujący funkcjonowanie polskiego rolnictwa przed wejściem do Unii Europejskiej), 2004–2013 (pierwsza dekada członkostwa Polski w Unii Europejskiej i funkcjonowania gospodarstw w warunkach Wspólnej Polityki Rolnej), 2014–2020 (okres dalszej modernizacji rolnictwa, zmian technologicznych i relatywnie stabilniejszych warunków rynkowych przed kryzysem kosztowym) oraz lata 2021–2024 (okres gwałtownego wzrostu cen środków produkcji, szczególnie nawozów mineralnych i paliw). Zastosowano analizę opisową i porównawczą, obliczono dynamikę zmian, średnie okresowe, współczynniki zmienności, wartość produkcji z 1 ha oraz relacje cenowe między ceną pszenicy a cenami podstawowych środków produkcji.

Wyniki badań wykazały wystąpienie zasadniczych zmian w uwarunkowaniach ekonomicznych produkcji ziarna pszenicy. Wykazano, że w latach 1995–2024 plon ziarna pszenicy w Polsce zwiększył się z 36,0 do 52,0 dt·ha⁻¹, natomiast cena skupu wzrosła z 35,36 do 82,62 zł·dt⁻¹. Wartość produkcji z 1 ha zwiększyła się w analizowanym okresie z 1272,96 do 4296,24 zł·ha⁻¹. Najwyższe wartości produkcji odnotowano w latach charakteryzujących się wysokimi cenami skupu, szczególnie w 2022 r. Jednak zmiany miały charakter przejściowy i nie oznaczały trwałej poprawy warunków ekonomicznych produkcji. Wzrost wartości produkcji nie oznaczał proporcjonalnej poprawy efektywności ekonomicznej, ponieważ ceny nawozów mineralnych i oleju napędowego rosły szybciej niż ceny skupu pszenicy. Szczególnie niekorzystne zmiany wystąpiły po 2021 r., kiedy gwałtowny wzrost cen nawozów mineralnych pogorszył relacje cenowe i ograniczył siłę nabywczą przychodów uzyskiwanych ze sprzedaży ziarna. Uzyskane wyniki potwierdzają, że ocena efektywności ekonomicznej produkcji pszenicy wymaga jednoczesnego uwzględnienia zmian

plonowania, cen skupu, wartości produkcji oraz kosztów podstawowych nakładów produkcyjnych. Wzrost produktywności łagodził skutki rosnących kosztów, lecz nie rekompensował w pełni pogorszenia relacji cenowych. Oznacza to, że w długim okresie efektywność ekonomiczna produkcji pszenicy była coraz silniej determinowana nie tylko przez poziom plonów, ale także przez ceny nawozów mineralnych, paliw i ogólne warunki kosztowe prowadzenia produkcji.