

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA
I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY



STUDIA
I
RAPORTY
IUNG-PIB

44(18)

PROGRAM WIELOLETNI

2011-2015

PULAWY 2015

WYBRANE ZAGADNIENIA
PRODUKCJI ROŚLINNEJ
W POLSCE

WSPIERANIE DZIAŁAŃ
W ZAKRESIE KSZTAŁTOWANIA
ŚRODOWISKA ROLNICZEGO
I ZRÓWNOWAŻONEGO
ROZWOJU PRODUKCJI ROLNICZEJ
W POLSCE

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Wiesław Oleszek*

Redakcja naukowa: *dr hab. Jerzy Grabiński, prof. nadzw.*
prof. dr hab. Janusz Podleśny

Autorzy:

dr Antoni K. Berbeć, dr Alina Bochniarz, dr Jolanta Bojarszczuk,
prof. dr hab. Antoni Faber, dr hab. Beata Feledyn-Szewczyk, dr Eliza Gawęł,
dr hab. Jerzy Grabiński, prof. nadzw., dr hab. Mieczysław Grzelak, prof. nadzw.,
dr Zuzanna Jarosz, dr hab. Bogusława Jaśkiewicz, prof. dr hab. Jerzy Książak,
prof. dr hab. Kazimierz Noworolnik, dr hab. Anna Podleśna,
prof. dr hab. Janusz Podleśny, prof. dr hab. Grażyna Podolska,
dr hab. Mariola Staniak, dr hab. Alicja Sulek, dr Andrzej S. Zaliwski

Recenzenci:

dr hab. Jerzy Grabiński, prof. nadzw., prof. dr hab. Stanisław Krasowicz,
prof. dr hab. Jerzy Książak, dr hab. Mariusz Matyka, prof. nadzw.,
prof. dr hab. Kazimierz Noworolnik, prof. dr hab. Janusz Podleśny,
prof. dr hab. Grażyna Podolska

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *mgr Katarzyna Mikulska*

ISBN 978-83-7562-193-8

Egzemplarz bezpłatny

Nakład 300 egz., B5

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB w Puławach

tel. 81 4786 720; fax 814786 721

e-mail: iung@pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

WYBRANE ZAGADNIENIA PRODUKCJI ROŚLINNEJ W POLSCE

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
1. J. P o d l e ś n y, A. P o d l e ś n a – Produkcja roślinna w gospodarstwach rolnych województwa lubelskiego	9
2. A.S. Z a l i w s k i – Systemy wspomagania decyzji jako źródło informacji decyzyjnej w integrowanej produkcji roślinnej	25
3. B. J a ś k i e w i c z – Wybrane aspekty uprawy pszenżyta ozimego	53
4. J. B o j a r s z c z u k, J. K s i ę ż a k, M. S t a n i a k – Porównanie opłacalności uprawy grochu i bobiku w zależności od sposobu nawożenia	73
5. K. N o w o r o l n i k – Wybrane zagadnienia integrowanych technologii uprawy międzyodmianowych mieszanek zbóż jarych i ozimych	89
6. M. S t a n i a k, J. B o j a r s z c z u k, B. F e l e d y n-S z e w c z y k, A.K. B e r b e ć, J. K s i ę ż a k – Zachwaszczenie kukurydzy w różnych systemach produkcji	105
7. K. N o w o r o l n i k – Warunki glebowe a plonowanie zbóż i ich współdziałania z czynnikami agrotechnicznymi	119
8. A. S u ł e k – Rola materiału siewnego i czynniki decydujące o jego jakości w produkcji zbóż	135
9. G. P o d o l s k a – Gryka źródłem składników do produkcji żywności funkcjonalnej	149
10. E. G a w e ł, M. G r z e l a k – Wpływ wybranych elementów technologii uprawy roślin bobowatych drobnonasiennych na jakość paszy	165
11. J. G r a b i ń s k i – Czynniki wpływające na cechy jakości ziarna żyta chlebowego	181
12. A. F a b e r, Z. J a r o s z – Optymalizacja i analiza ryzyka emisji rolniczych gazów cieplarnianych w uprawie kukurydzy na cele paliwowe	195
13. A. F a b e r, Z. J a r o s z – Perspektywy wykorzystania biomasy rolniczej na cele energetyczne w Unii Europejskiej i Polsce	205
14. A. B o c h n i a r z – Niekreślanka wierzbówka w uprawach wierzbzy energetycznej	219

Wstęp

W Polsce zachodzą bardzo szybkie zmiany w zakresie funkcjonowania gospodarstw rolnych. Następuje koncentracja produkcji spowodowana daleko idącą specjalizacją. Oznacza to zmniejszanie się ogólnej liczby gospodarstw i powstawanie gospodarstw większych. Następstwem tych zmian jest także duża liczba gospodarstw bezinwentarowych, nastawionych na produkcję roślinną oraz gospodarstw prowadzących intensywną produkcję zwierzęcą. Rodzi to nowe problemy w zakresie wymagań odnośnie wpływu rolnictwa na środowisko oraz produkcję ziemiopłodów o pożądanej jakości. W przypadku produkcji roślinnej obserwuje się doskonalenie technologii w wyniku wprowadzania postępu biologicznego, technicznego i organizacyjnego. Ważną rolę w kształtowaniu tego procesu odgrywają badania naukowe, które dostarczają konkretnych rozwiązań technologicznych, a zarazem sprawdzają efektywność ich stosowania w praktyce rolniczej.

Zmiany w zakresie produkcji roślinnej wymuszają także przepisy prawa m.in. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz.U. UE L 309 z 24.11.2009) i Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Dz.U. poz. 505).

W niniejszym zeszycie Studia i Raporty IUNG-PIB prezentujemy Państwu bardzo zróżnicowaną tematykę dotyczącą produkcji roślinnej. Obejmuje ona zarówno zagadnienia dotyczące oceny wybranych elementów produkcji roślinnej prowadzonej w gospodarstwach rolnych, zróżnicowanych pod względem obszaru i kierunku produkcji, jak również prace ukierunkowane na wskazanie najlepszych rozwiązań technologicznych stosowanych w konkretnych warunkach siedliska i przy określonym poziomie agrotechniki. Wybór najbardziej optymalnego rozwiązania może być dokonany na podstawie własnej wiedzy rolnika lub doradcy rolniczego albo przy zastosowaniu bardziej precyzyjnych narzędzi, jakimi są specjalistyczne programy komputerowe lub systemy wspomagania decyzji (SWD).

W znacznej części prac poruszany jest problem jakości płodów rolnych, który obok zagadnień dotyczących racjonalnego wykorzystania zasobów środowiska przyrodniczego stanowi ważny element integrowanej produkcji roślinnej.

W niniejszym zeszycie znajdują się również opracowania dotyczące produkcji energii na gruntach ornych oraz problemu emisji gazów cieplarnianych. Chociaż zagadnienia te nie mają bezpośredniego związku z produkcją ziemiopłodów na cele żywieniowe, to jednak wpisują się w problematykę racjonalnego wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce.

Większość prac przedstawionych w niniejszym zeszycie Studia i Raporty IUNG-PIB została przygotowana w ramach dwóch zadań programu wieloletniego IUNG-PIB:

3.3 – Ocena efektywności stosowania różnych elementów technologii w integrowanej produkcji podstawowych ziemiopłodów.

3.4 – Analiza i ocena możliwości kształtowania jakości surowców roślinnych z uwzględnieniem różnych kierunków użytkowania i uwarunkowań regionalnych.

W zeszycie tym zamieszczono także prace powstałe w ramach realizacji zadań:

1.4 – Ocena możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii pochodzenia rolniczego oraz ich wpływu na środowisko i bezpieczeństwo żywnościowe Polski.

4.1 – Doskonalenie informatycznych systemów doradztwa rolniczego wspierających zrównoważony rozwój rolnictwa i obszarów wiejskich.

4.2 – Merytoryczne wspieranie doradztwa rolniczego oraz poprawa efektywności przekazywania wyników badań do zastosowania w praktyce.

Kierownik zadania 3.3
prof. dr hab. Janusz Podleśny

Kierownik zadania 3.4
dr hab. Jerzy Grabiński, prof. nadzw.

Janusz Podleśny, Anna Podleśna

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PRODUKCJA ROŚLINNA W GOSPODARSTWACH ROLNYCH WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO*

Słowa kluczowe: badania ankietowe, produkcja roślinna, typ gospodarstwa, integrowana produkcja roślinna, ocena stosowanych technologii

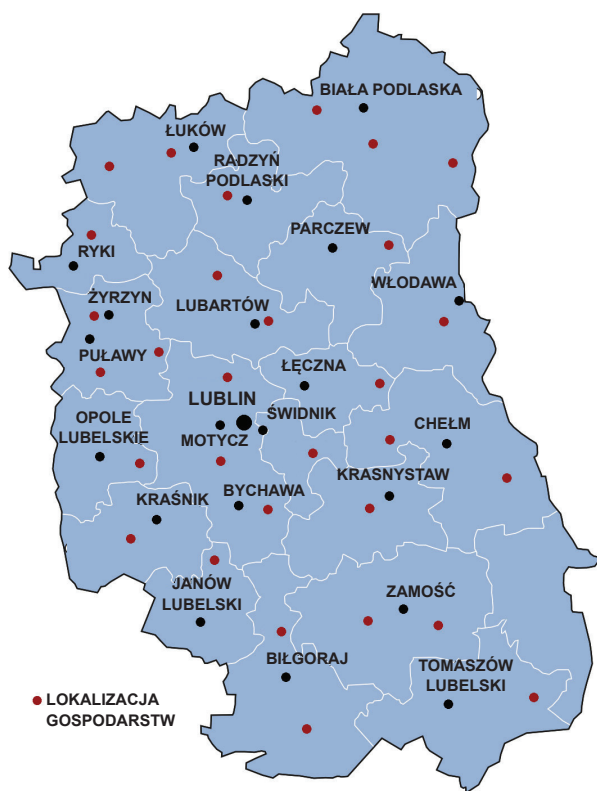
Wstęp

Współczesne rolnictwo musi spełniać wymagania w zakresie ilości i jakości produkowanej żywności oraz ochrony zasobów naturalnych. Można to osiągnąć poprzez stosowanie efektywnych i przyjaznych dla środowiska technologii produkcji. Nowoczesna produkcja roślinna podlega ciągłym i dynamicznym zmianom dzięki wprowadzaniu postępu biologicznego (1), technicznego (16) i organizacyjnego (24).

Szczególne znaczenie mają technologie integrowane wykazujące dużą efektywność gospodarowania poprzez wykorzystanie zarówno tradycyjnych, jak i nowoczesnych metod produkcji realizowanych z troską o środowisko przyrodnicze (12). Ich podstawą są prawidłowo dobrane elementy związane z poprawnym płodozmianem, racjonalnym nawożeniem opartym na rzeczywistych potrzebach roślin oraz ograniczonej ochronie chemicznej. W Polsce występują szybkie zmiany w zakresie struktury obszarowej gospodarstw oraz stosowanych technologii produkcji (18,19). Jednocześnie następuje duża koncentracja produkcji spowodowana specjalizacją gospodarstw rolnych. Efektem tych zmian jest tworzenie się gospodarstw bezinwentarzowych oraz specjalizujących się w określonych kierunkach produkcji zwierzęcej (11).

Celem przeprowadzonych analiz była ocena wybranych elementów produkcji roślinnej prowadzonej w gospodarstwach rolnych, zróżnicowanych pod względem obszaru i kierunku produkcji, w województwie lubelskim.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.



Rys. 1. Lokalizacja uwzględnionych w badaniach gospodarstw rolnych

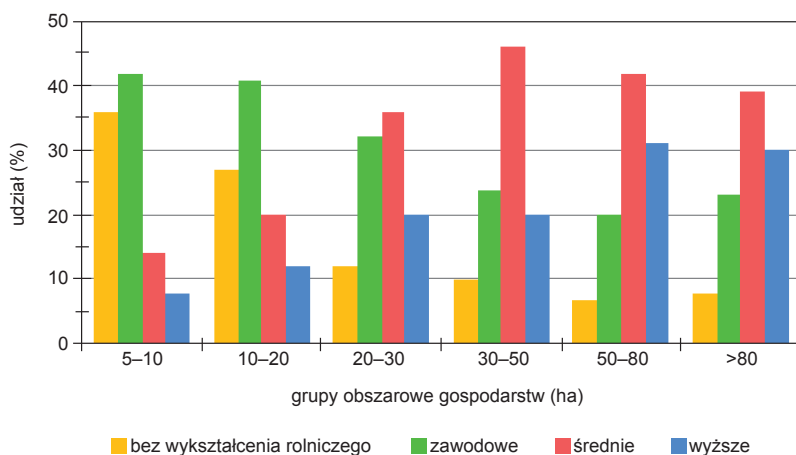
Źródło: opracowanie własne

Ankiety zostały przygotowane w Zakładzie Uprawy Roślin Pastewnych IUNG-PIB w Puławach. Każda ankieta zawierała pytania o: dane ogólne o gospodarstwie, strukturę zasiewów, wyposażenie w maszyny i urządzenia oraz szczegółowe dane dotyczące stosowanych technologii. Ankiety zostały wypełnione przez producentów z udziałem pracowników Lubelskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Końskowoli. Uwzględnione w badaniach gospodarstwa podzielono na 6 grup obszarowych: 5–10; 10–20; 20–30; 30–50; 50–80 i powyżej 80 ha oraz 3 grupy gospodarstw o różnej specjalizacji produkcji rolniczej: R – gospodarstwa bezinwentarzowe, M – mleczne i T – trzodowe. Stosowane w gospodarstwach technologie produkcji roślinnej oceniano przede wszystkim pod względem wymagań stawianych technologiom integrowanym (integrowanej ochronie roślin). Analizowano następujące wskaźniki związane z integrowaną produkcją: udział zbóż w strukturze zasiewów, liczba gatunków w płodozmianie, udział gleb kwaśnych i ich wapnowanie, stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego, wysiew poplonów, wykonywanie uprawek późnych, stosowanie zrównoważonego nawożenia roślin, liczba zabiegów chemicznych i ilość zużytych substancji czynnych oraz plon i sposób jego zagospodarowania.

Materiał do oceny stanowiły badania ankietowe przeprowadzone w 30 gospodarstwach usytuowanych w różnych rejonach województwa lubelskiego (rys. 1). Wyboru gospodarstw dokonano przy współpracy z Lubelskim Ośrodkiem Doradztwa Rolniczego (LODR) w Końskowoli. Polegało to na świadomym wyborze obiektów z interesującą nas populacji na podstawie precyzyjnie określonych kryteriów zapewniających kontrolę zarówno homogeniczności, jak i zróżnicowania próby. Pomimo pewnych ograniczeń wynikających z braku możliwości uogólnienia próby, celowy dobór jest często stosowany w badaniach rolniczych, ponieważ pozwala na poznanie różnych zależności występujących w badanej zbiorowości (8).

Ogólna charakterystyka gospodarstw

Właściciele (kierownicy gospodarstw) posiadali najczęściej wykształcenie średnie lub zawodowe (rys. 2). Około 16% z nich posiadało wykształcenie wyższe. Odnosząc to do średniej krajowej, należy stwierdzić, że wykształcenie właścicieli analizowanych gospodarstw było zdecydowanie lepsze, zwłaszcza w odniesieniu do liczby gospodarzy posiadających wykształcenie wyższe. Rolnicy z wyższym lub średnim wykształceniem posiadali na ogół gospodarstwa o większej powierzchni (powyżej 30 ha UR), a rolnicy bez wykształcenia rolniczego lub z wykształceniem zawodowym – gospodarstwa mniejsze (rys. 2). Na uwagę zasługuje duży odsetek kierowników gospodarstw posiadających wykształcenie wyższe. Potwierdza to opinię, że duża grupa absolwentów uczelni rolniczych z kierunku agronomii lub pokrewnych są właścicielami lub przejmują gospodarstwa od rodziców. Spośród analizowanych gospodarstw aż 26,7% nie miało następcy, co oznacza zmniejszające się zainteresowanie ludzi młodych pracą na wsi.



Rys. 2. Powierzchnia gospodarstwa w zależności od wykształcenia ich kierowników

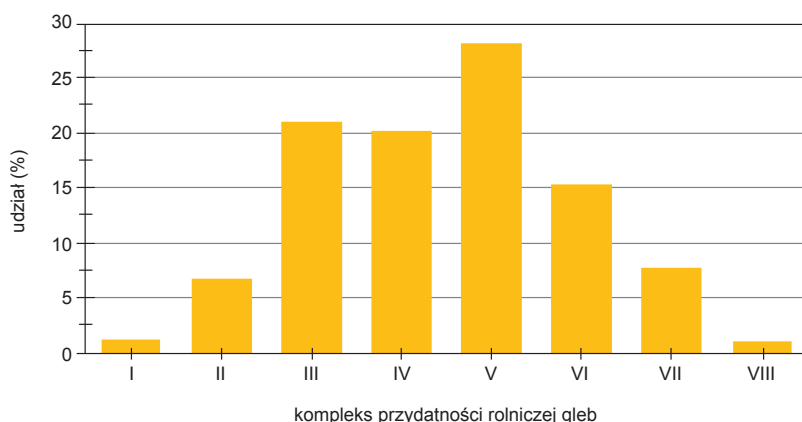
Źródło: opracowanie własne

Zdaniem Klepackiego i Gołębiewskiej (7) wskaźnik wykształcenia ma bardzo duże znaczenie, bowiem decyduje w znacznym stopniu m.in. o intensywności prowadzonej produkcji rolniczej, wielkości uzyskiwanych dochodów oraz zakresie inwestycji prowadzonych w gospodarstwie. Również z badań Kołoszko-Chomentowskiej (8) wynika, że dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego jest silnie skorelowany z wykształceniem kierownika gospodarstwa.

Ważnym wskaźnikiem decydującym o rozwoju i modernizacji gospodarstw rolnych jest pozyskiwanie środków finansowych z funduszy unijnych. Wszystkie analizowane gospodarstwa korzystały z dopłat bezpośrednich, ale tylko część z nich (głównie gospodarstwa o większej powierzchni) korzystały z funduszy pomocowych,

wśród których dominowały PROW i SAPARD. Jest to zgodne z badaniami Kisiel i Babuchowskiej (5) oraz Kisiel i Gutowskiej (6), w których wykazano, że programy unijne odnoszą największą skuteczność w gospodarstwach większych obszarowo. Ponadto przy obszarowym kryterium podziału środków w sytuacji uprzywilejowanej są gospodarstwa o większej powierzchni.

Objęte analizą gospodarstwa prowadziły działalność rolniczą na łącznej powierzchni 994,9 ha, w tym grunty orne zajmowały 770,2 ha, czyli 77,5% UR. W gospodarstwach dominowały gleby należące do kompleksów: pszenney wadliwy, żytni bardzo dobry i żytni dobry, które stanowiły 69,5% powierzchni, natomiast gleby najlepszej jakości należące do kompleksów: pszenney bardzo dobry i pszenney dobry stanowiły 7,9% ogółu gleb (rys. 3). Przeciętna wielkość gospodarstwa wynosiła 51,2 ha. Większość stanowiły własne grunty (ok. 80%). Dzierżawienie gruntów występowało przede wszystkim w gospodarstwach największych. Na 1 zatrudnionego w gospodarstwie przypadało 11,5 ha, przy czym w gospodarstwach mniejszych, do 20 ha, wskaźnik ten wynosił 4,6 ha, a w gospodarstwach powyżej 20 ha – 13,7 ha.



Rys. 3. Jakość gruntów orných w analizowanych gospodarstwach

Źródło: opracowanie własne

W gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą, średnia wielkość stada wynosiła dla gospodarstw o kierunku produkcja mleka – 30 szt., a dla gospodarstw prowadzących chów trzody chlewnej – 156 szt., co w przeliczeniu wynosiło odpowiednio: 1,14 i 0,91 DJP·ha⁻¹ UR.

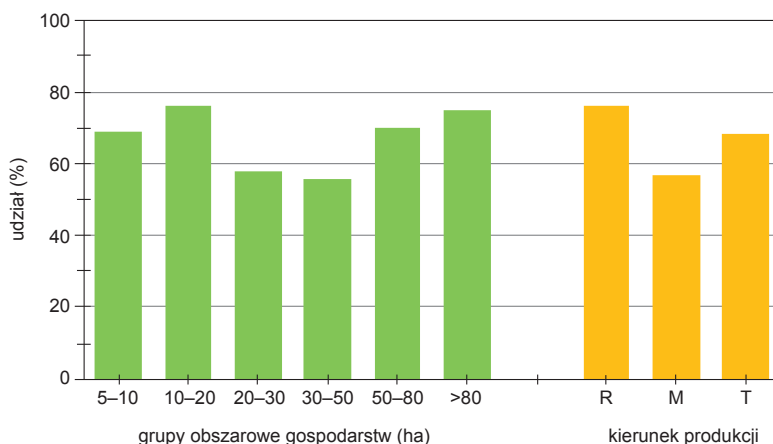
Wposażenie gospodarstw w ciągniki i maszyny rolnicze było zróżnicowane w zależności od zajmowanego obszaru. Gospodarstwa do 20 ha wyposażone były na ogół w 1 ciągnik o mocy do 60 KM, a gospodarstwa większe w 2–4 ciągniki (jeden zazwyczaj o większej mocy ok. 150 KM). Średni wiek ciągnika w gospodarstwach najmniejszych wynosił ok. 26 lat, a w gospodarstwach największych ok. 14 lat. Świadczy to o tym, że w gospodarstwach większych częściej następuje wymiana ciągników starych, niekiedy 40-letnich na nowe, zazwyczaj o większej mocy w zakresie

120–200 KM. Odnowienie parku maszynowego odbywa się bardzo często z wykorzystaniem środków finansowych pozyskiwanych z programów unijnych.

Produkcja roślinna

W strukturze zasiewów dominowały zboża, którymi obsiewano przeciętnie 67,2% gruntów ornych (rys. 4). Wskaźnik ten jest znacznie mniejszy od średniej dla kraju (22), ale jego wartość była bardzo zróżnicowana w poszczególnych gospodarstwach (od 29,1 do 100%). Spośród wszystkich gospodarstw w 16,7% z nich udział zbóż nie przekraczał 50%, ale w 26,7% gospodarstw zboża stanowiły ponad 75% w strukturze zasiewów. Spośród zbóż dominowała pszenica ozima (38,9% wszystkich uprawianych zbóż), którą uprawiano prawie we wszystkich gospodarstwach objętych analizą. Drugą pozycję po pszenicy miał jęczmień, którego udział w strukturze zasiewów zbóż wynosił 25,2%, a kolejną pszenżyto – 22,2%. Spośród roślin niezbożowych dominowały rośliny pastewne oraz rzepak, stanowiące w strukturze zasiewów odpowiednio: 23,6 i 6,3%.

W gospodarstwach o mniejszej powierzchni (do 20 ha) udział zbóż w strukturze zasiewów wynosił 72,4%, natomiast w gospodarstwach większych – 62,0%.



Rys. 4. Udział zbóż w strukturze zasiewów w zależności od powierzchni UR gospodarstwa i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

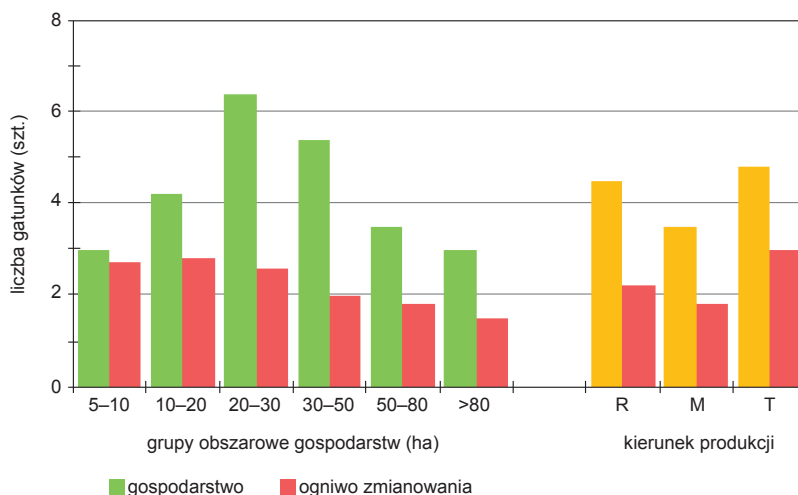
W gospodarstwach nieprowadzących produkcji zwierzęcej udział zbóż w strukturze zasiewów wynosił 76,4%. Był on większy niż w gospodarstwach trzodowych (68,7%) i mlecznych (56,6%), w których znaczny udział w strukturze zasiewów zajmowała kukurydza (18,8%). Natomiast w gospodarstwach produkujących żywiec wieprzowy, na znacznej powierzchni uprawiano również mieszanki strączkowo-zbożowe i rośliny motylkowate (20,8%) stanowiące uzupełnienie kupowanych wysokobiałkowych

pasz treściwych. Z kolei w gospodarstwach bezinwentarzowych 19,3% w strukturze zasiewów zajmował rzepak. W niektórych gospodarstwach uprawiane były również rośliny okopowe (ziemniak i burak cukrowy), których udział w strukturze zasiewów wynosił od 3,3 do 36,1%.

Udział zbóż w płodozmianie spełniającym wymagania integrowanej technologii produkcji nie powinien przekraczać 66% (10). Ponadto zboża ozime powinny być przedzielone przynajmniej jedną uprawą niebędącą gospodarzem głównych chorób tej grupy roślin. Bardzo często rośliną tą jest rzepak ozimy (4). Jednak częsta uprawa rzepaku na tym samym polu (obecnie popularna jest uprawa w dwupolówce pszenica ozima–rzepak ozimy) zwiększa niebezpieczeństwo silnego porażenia przez choroby, w tym w szczególności przez kilę kapusty. Dlatego ważnym wskaźnikiem z punktu widzenia integrowanej produkcji jest liczba gatunków uprawianych w gospodarstwie, a w szczególności w ogniwie zmianowania. Uproszczone zmianowania sprzyjają dużemu namnażaniu agrofagów, zwłaszcza patogenów chorobotwórczych (9). Najwięcej gatunków roślin uprawiano w gospodarstwach o powierzchni od 20 do 50 ha (średnio 6 gatunków), a najmniej w gospodarstwach najmniejszych i największych (średnio 3 gatunki) (rys. 5). W gospodarstwach o powierzchni 20–50 ha obok zbóż uprawiano także dużo innych gatunków roślin, takich jak: kukurydza, ziemniak, burak cukrowy, gryka, rośliny motylkowate i inne, które zajmowały znaczny areal uprawy, dlatego udział zbóż w strukturze zasiewów był mały. W gospodarstwach najmniejszych (5–10 ha) uprawiano głównie zboża (1–2 gatunki i ziemniaki), a w gospodarstwach największych (>80 ha) zboża (najczęściej pszenicę ozimą) i rzepak.

W integrowanej produkcji zalecane jest zmianowanie złożone z 3–5 gatunków roślin. Z analizy danych wynika, że gospodarstwa o powierzchni do 20 ha oraz powyżej 80 ha w większym stopniu spełniały te wymagania. Mniejsza liczba gatunków w zmianowaniu w gospodarstwach o wielkości w zakresie 20–50 ha była spowodowana dużym udziałem w strukturze zasiewów kukurydzy uprawianej po jednym gatunku zboża lub niekiedy także w monokulturze. Związane to było z prowadzoną w tych gospodarstwach intensywną produkcją mleka.

We współczesnym rolnictwie coraz częściej zaleca się stosowanie tzw. konserwującej uprawy roli, której celem jest zmniejszenie kosztów, ochrona środowiska i poprawa żyzności gleby (13). W analizowanych gospodarstwach dominował przede wszystkim system orkowy. Jedynie w kilku gospodarstwach na niewielkiej powierzchni obejmującej łącznie 38,7 ha stosowano system uproszczony, a siew bezpośredni tylko w 1 gospodarstwie w uprawie jęczmienia jarego na polu o powierzchni 3,5 ha. Do przedsięwzięcia przygotowania roli stosowano najczęściej agregat uprawowy, rzadziej bronę talerzową i kultywator lub tylko bronę zębową.

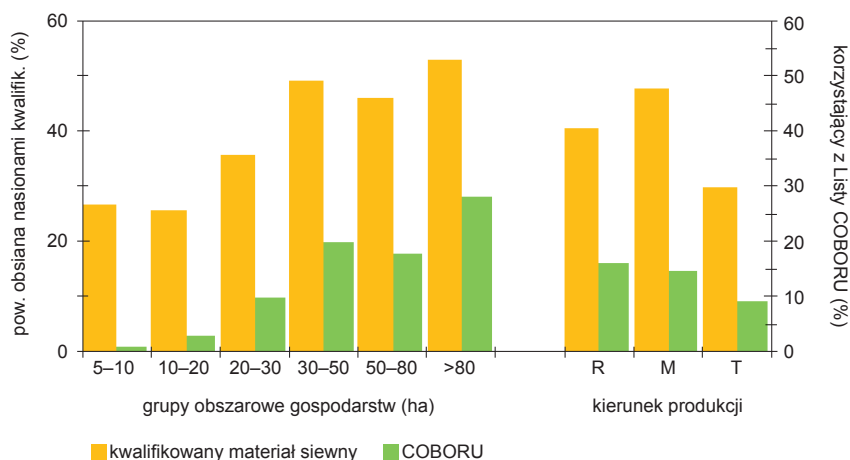


Rys. 5. Przeciętna liczba gatunków roślin uprawianych w gospodarstwie i ogniwie zmianowania
Źródło: opracowanie własne

Większość uprawianych gatunków roślin wysiewana była na ogół w zalecany termin. Jedynie w nielicznych przypadkach stwierdzono opóźnienie wysiewu rzepaku ozimego, co spowodowane było późnym zbiorem przedplonu oraz opóźniony wysiew zbóż jarych z powodu zbyt dużej wilgotności gleby na wiosnę.

Do wysiewu rolnicy stosowali najczęściej własny materiał siewny (rys. 6). Podstawą takiej decyzji było przekonanie rolników, że posiadają dobrej jakości własne nasiona, a kwalifikowany materiał siewny jest zbyt drogi. W gospodarstwach do 20 ha udział kwalifikowanego materiału siewnego wynosił 26,3%, natomiast w gospodarstwach o większej powierzchni był znacznie większy i wynosił ponad 46,0%. Stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego było także zróżnicowane w zależności od kierunku prowadzonej produkcji. W gospodarstwach nieprowadzących produkcji zwierzęcej i produkujących mleko większą powierzchnię obsiewano kwalifikowanym materiałem siewnym (44,1%) niż w gospodarstwach trzodowych (29,8%). Było to związane z dużą powierzchnią uprawy rzepaku (gospodarstwa bezinwentarzowe) oraz kukurydzy (gospodarstwa prowadzące produkcję mleka). W gospodarstwach trzodowych duży odsetek w strukturze zasiewów stanowiły pola z roślinami zbożowymi obsiewane własnym materiałem nasiennym.

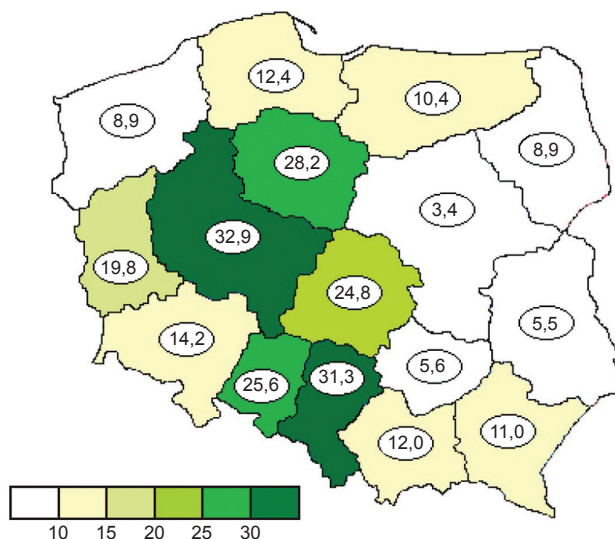
Rolnicy prowadzący małe gospodarstwa w niewielkim stopniu korzystali z Listy Odmian Roślin Rolniczych COBORU (1,5% gospodarstw), natomiast w gospodarstwach większych, powyżej 30 ha, ok. 20% kierowników gospodarstw podejmowało decyzje o wyborze odmiany na podstawie tej listy. Ponadto w gospodarstwach nieprowadzących produkcji zwierzęcej oraz produkujących mleko częściej korzystano z Listy COBORU niż w gospodarstwach prowadzących chów trzody chlewnej (rys. 6).



Rys. 6. Udział kwalifikowanego materiału siewnego oraz korzystanie z Listy Odmian Roślin Rolniczych (COBORU) przy wyborze odmiany uprawianych roślin

Źródło: opracowanie własne

Średnio dla wszystkich gospodarstw udział kwalifikowanego materiału siewnego zbóż wyniósł 39,5% i był zdecydowanie większy niż dla województwa lubelskiego oraz podobny jak w województwach wielkopolskim i śląskim (rys. 7) (15). Oznacza to, że wybrana grupa gospodarstw lepiej spełniała wymagania w zakresie stosowania dobrej jakości materiału siewnego przewidziane dla integrowanej ochrony roślin (3) i integrowanej produkcji roślinnej niż wiele innych gospodarstw w tym regionie i Polsce.

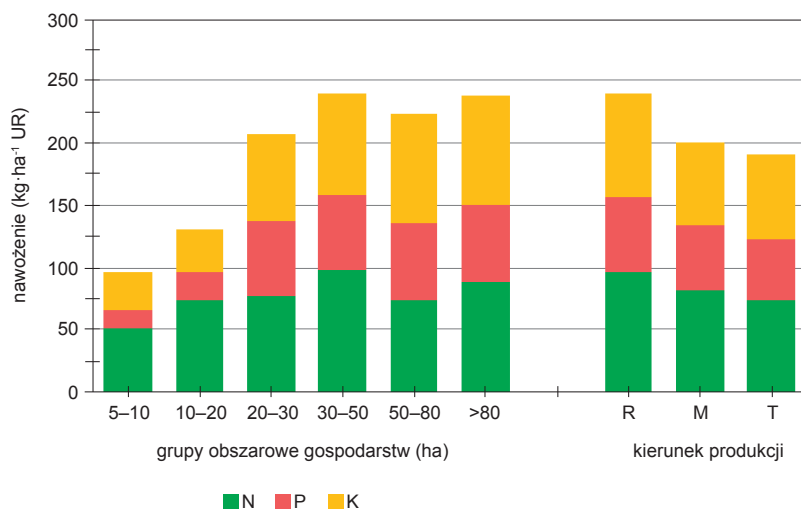


Rys. 7. Udział kwalifikowanego materiału siewnego zbóż (%) w zasiewach 2010/2011

Źródło: Oleksiak, 2013 (15)

Dobra jakość nasion stanowi gwarancję uzyskania odpowiednich wschodów, a następnie także optymalnej obsady roślin – jednego z głównych czynników decydujących o plonowaniu roślin. Ponadto wysiew nasion kwalifikowanych znacznie ogranicza ryzyko porażenia roślin przez patogeny chorobotwórcze, które przenoszone są często z własnym materiałem siewnym (23).

Zużycie nawozów mineralnych NPK na 1 ha UR zależało od obszaru gospodarstwa i kierunku prowadzonej produkcji rolniczej (rys. 8). Największe zużycie nawozów odnotowano w gospodarstwach o powierzchni powyżej 30 ha (średnio $219,2 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najmniejsze w gospodarstwach do 10 ha ($127,3 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$). Stosunek N:P:K w gospodarstwach powyżej 30 ha wynosił 1,0:0,72:0,97, natomiast w gospodarstwach mniejszych (do 30 ha) stosunek ten wynosił 1,0:0,30:0,52. Dla roślin rolniczych stosunek N:P:K powinien wynosić 1,0:0,95:0,98 (2). Uzyskane dane wskazują, że w gospodarstwach większych nawożenie było lepiej zbilansowane niż w gospodarstwach mniejszych, w których stosowano głównie nawożenie azotowe i bardzo małe ilości fosforu. W gospodarstwach prowadzących tylko produkcję roślinną stwierdzono dużo większe zużycie NPK w stosunku do pozostałych grup gospodarstw. W gospodarstwach mlecznych i trzodowych było to związane ze stosowaniem dużych dawek własnych nawozów naturalnych. W gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą stosowano mniejsze ilości nawozów fosforowo-potasowych, bowiem znaczna część tych składników dostarczana była do gleby w formie nawozów naturalnych.



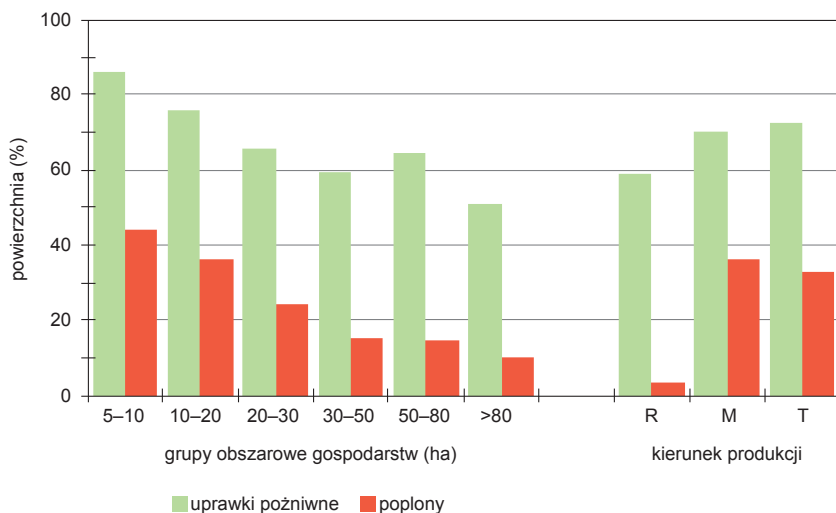
Rys. 8. Zużycie nawozów mineralnych NPK na 1 ha UR w gospodarstwach o różnej powierzchni UR i różnych kierunkach produkcji

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie uzyskanych informacji należy uznać, że gospodarstwa o większej powierzchni lepiej spełniają zasadę zrównoważonego nawożenia, która jest zalecana

dla integrowanej produkcji roślinnej. Zwłaszcza że, w gospodarstwach małych sporadycznie wykonywano analizy gleby, podczas gdy w wielu gospodarstwach powyżej 30 ha dawki nawozów ustalano na podstawie zasobności gleby.

Uprawy późniowe prowadzono w większości gospodarstw rolnych, przy czym większą powierzchnię objętą tymi zabiegami stwierdzono w gospodarstwach mniejszych. Średnio dla wszystkich gospodarstw uprawy późniowe wykonywano na powierzchni 67,5% gruntów ornych (rys. 9). Na uwagę zasługuje fakt, że dużo tego typu zabiegów stwierdzono nie tylko w grupie gospodarstw małych, ale także gospodarstw większych, powyżej 50 ha. Uprawy te wykonywano głównie broną talerzową lub kultywátorem, niekiedy w małych gospodarstwach stosowano także podorywkę. Poplony wysiewano głównie w gospodarstwach o powierzchni do 30 ha. Jako poplon najczęściej wysiewano gorczycę lub rzepak, rzadziej wykę lub łubin. Wprawdzie wysiewane poplony wykorzystywano głównie na przyoranie, ale w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą stanowiły one także uzupełnienie bazy paszowej.



Rys. 9. Wykonywanie uprawek późniowych i uprawa poplonów w gospodarstwach o różnej powierzchni UR i różnych kierunkach produkcji

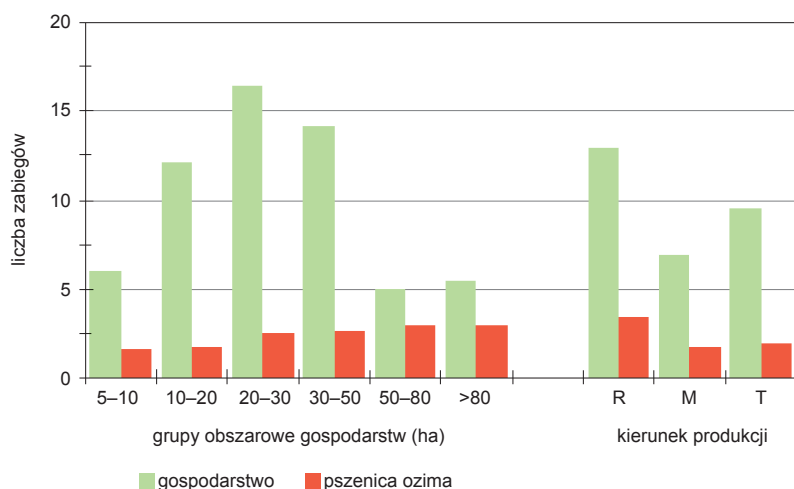
Źródło: opracowanie własne

Dlatego w gospodarstwach bezinwentarzowych poplonami obsiewano niewielką powierzchnię gruntów ornych.

Zarówno stosowanie uprawek późniowych, jak i uprawa poplonów stanowi bardzo ważny element integrowanej produkcji ze względu na ograniczenie zachwaszczenia oraz „zazielenienie” powierzchni pola (20). Tymczasem we współczesnym sposobie gospodarowania wielu gospodarstw (zwłaszcza wielkoobszarowych) nie prowadzi się tego typu zabiegów ze względu na zwiększone koszty oraz krótki czas od zbioru rośliny uprawianej w plonie głównym do wysiewu rośliny następczej.

W poszczególnych gospodarstwach stosowano zróżnicowaną ochronę chemiczną w uprawie poszczególnych gatunków roślin (rys. 8). Łączna liczba zabiegów wykonywana w gospodarstwie zależała od liczby pól i uprawianych gatunków roślin. Wskaźnik ten jest uwzględniany w integrowanej ochronie roślin, chociaż nie odzwierciedla intensywności prowadzonej ochrony chemicznej. Może on jednak wskazywać na zwiększone niebezpieczeństwo i obciążenie środowiska, na przykład związane z częstym wykorzystywaniem opryskiwacza (sporządzanie cieczy roboczej, mycie opryskiwacza, zabezpieczenie pozostałej cieczy roboczej itp.). W gospodarstwach o powierzchni od 10 do 50 ha wykonywano na ogół większą liczbę zabiegów, co związane było z większą różnorodnością uprawianych gatunków roślin. Ponadto w gospodarstwach tych znaczny udział w strukturze zasiewów zajmował ziemniak i burak cukrowy, a więc rośliny wymagające większej ochrony chemicznej niż zboża. W gospodarstwach dużych, powyżej 50 ha, w których stosowano krótkie zmianowania (często składające się tylko ze zbóż lub zbóż i rzepaku) wykonywano znacznie mniej zabiegów chemicznych.

Jednym z ważniejszych wyznaczników intensywności prowadzonej ochrony chemicznej jest liczba zabiegów wykonywana w okresie wegetacji danego gatunku rośliny (rys. 10). Dla porównania intensywności ochrony przyjęto pszenicę ozimą, która była najczęściej uprawiana w analizowanych gospodarstwach. Z przeprowadzonej analizy wynika, że większą liczbę zabiegów ochrony w uprawie tego gatunku przeprowadzano w gospodarstwach największych, a znacznie mniejszą – w gospodarstwach mniejszych. Prawdopodobnie wynikało to z tego, że w gospodarstwach małych decyzję o wykonaniu zabiegu podejmowano najczęściej w oparciu o własne obserwacje, a ze względu na znaczny koszt zabiegi były wykonywane dopiero w sytuacjach bardzo dużego nasilenia agrofaga. Natomiast w gospodarstwach dużych korzystano z usług doradców i zabiegi ochrony wykonywano najczęściej w oparciu o progi szkodliwości, a więc nawet w sytuacjach, gdzie nasilenie agrofaga nie było zbyt duże, ale wykonanie zabiegu było opłacalne ze względu na możliwe duże straty plonu. Konieczność większej liczby zabiegów w tych gospodarstwach mogła wynikać także z dużego porażenia roślin pszenicy przez patogeny, ze względu na dużo mniejszą różnorodność gatunków w zmianowaniu.



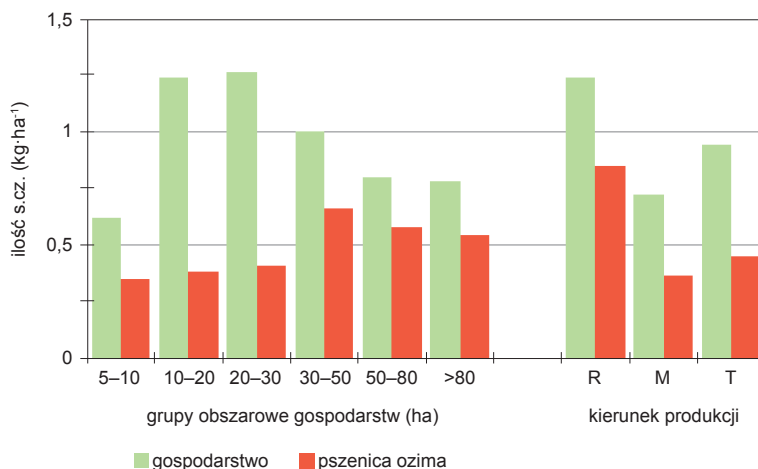
Rys. 10. Liczba zabiegów chemicznych wykonywanych łącznie w gospodarstwie i w uprawie pszenicy ozimej w zależności od powierzchni UR i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

Ważnym i często stosowanym wskaźnikiem oceny intensywności prowadzonej ochrony roślin jest ilość substancji chemicznej zastosowanej na 1 ha użytków rolnych (14) (rys. 11). Duży postęp w zakresie wprowadzania nowych środków chemicznych znacznie zmienia wartość tego wskaźnika na przestrzeni czasu, bowiem wraz z wprowadzaniem do rolnictwa nowych pestycydów zmienia się również dawka ich stosowania. Dużym sukcesem firm chemicznych jest produkcja środków chemicznych bardzo skutecznych już po zastosowaniu w małych ilościach, co znacznie zmniejsza ilości stosowanej substancji czynnej na 1 ha użytków rolnych.

Zużycie środków chemicznych w uprawie pszenicy średnio dla wszystkich gospodarstw wynosiło $0,67 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i było dużo niższe niż średnia dla Polski (21). W gospodarstwach o powierzchni od 10 do 30 ha stosowano więcej substancji czynnej na 1 ha niż w pozostałych gospodarstwach. Duży wpływ na to miała struktura zasiewów. W gospodarstwach gdzie ilość substancji czynnej na 1 ha UR była większa oprócz zbóż uprawiano także na znacznej powierzchni gatunki roślin wymagające dużej ochrony chemicznej, np. ziemniak, burak cukrowy. W gospodarstwach prowadzących wyłącznie produkcję roślinną oraz chów trzody chlewnej intensywność prowadzonej ochrony chemicznej była większa niż w gospodarstwach prowadzących produkcję mleka. Wynikało to z różnych wymagań gatunków uprawianych w poszczególnych grupach gospodarstw. W gospodarstwach prowadzących chów bydła mlecznego znaczną powierzchnię gruntów ornych przeznaczano pod zasiew kukurydzy. W uprawie tej rośliny stosowano zazwyczaj jeden zabieg polegający na zwalczaniu chwastów. W większości zasiewów były to środki chemiczne stosowane w małych ilościach (np. Mustang 306 SE stosowany w dawce $50 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$). Ilość substancji czynnej stosowanej w uprawie pszenicy zależała od liczby zabiegów. W gospodarstwach dużych,

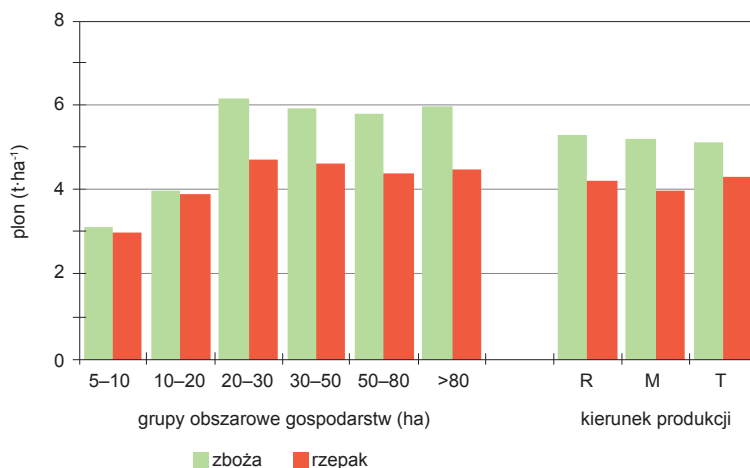
powyżej 30 ha, stosowano znacznie więcej substancji czynnej na 1 ha pszenicy niż w gospodarstwach mniejszych.



Rys. 11. Ilość substancji czynnej zużytej na 1 ha UR w zależności od powierzchni gospodarstwa i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

W gospodarstwach o powierzchni do 20 ha plon ziarna pszenicy ozimej i jęczmienia jarego wynosił w granicach $3,5\text{--}4\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 12). Natomiast w grupie gospodarstw większych (powyżej 20 ha) plon ziarna pszenicy kształtował się na poziomie $6\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a plon jęczmienia od $4,4$ do $4,7\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nie stwierdzono wyraźnej różnicy pomiędzy gospodarstwami o innych kierunkach produkcji w odniesieniu do plonowania pszenicy ozimej i jęczmienia jarego.



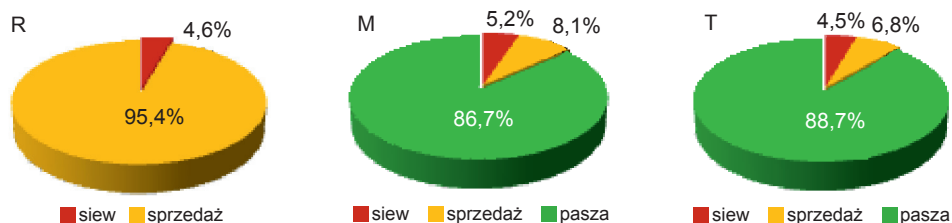
Rys. 12. Wielkość plonu wybranych ziemiopłodów w zależności od powierzchni gospodarstwa i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

Wprawdzie w grupie gospodarstw bezinweteraryzowanych stosowano większe dawki nawożenia mineralnego NPK i nieco więcej zabiegów ochrony chemicznej, ale w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą stosowano dodatkowo duże ilości nawozów naturalnych.

W roku 2013 plon ziarna pszenicy ozimej i jęczmienia jarego kształtował się w Polsce odpowiednio na poziomie: 4,6 i 3,4 t·ha⁻¹, natomiast średni plon pszenicy i jęczmienia w analizowanych gospodarstwach był wyższy i wynosił odpowiednio: 5,2 i 4,1 t·ha⁻¹.

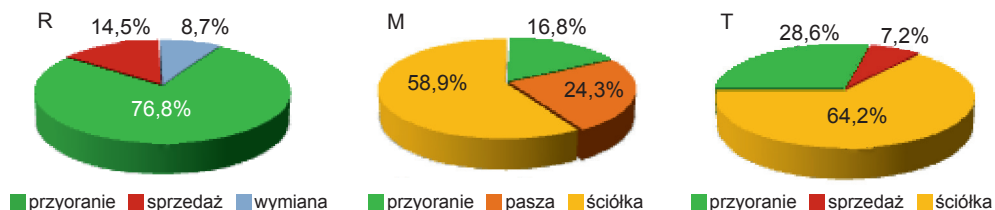
Ziarno zbóż było wykorzystywane na różne cele w zależności o kierunku produkcji prowadzonej w gospodarstwie (rys. 13). W gospodarstwach bezinweteraryzowanych ziarno prawie w całości przeznaczano na sprzedaż, a jedynie niewielki odsetek zbiorów (4,6%) stanowił materiał siewny. W gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą większość ziarna zużywano na paszę, a tylko ok. 12% przeznaczano na materiał siewny i na sprzedaż. Takie zagospodarowanie ziarna potwierdza, że w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą uprawiane zboża stanowią dobrą, własną bazę paszową oraz że duży odsetek gruntów obsiewanych jest własnym materiałem siewnym.



Rys. 13 Zagospodarowanie ziarna zbóż w zależności od powierzchni gospodarstwa i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

W gospodarstwach nieprowadzących produkcji zwierzęcej słomę głównie przyorano, jedynie 14,5% zbiorów przeznaczano na sprzedaż, a 8,7% wymieniano na obornik (rys. 14). Natomiast w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą, słomę wykorzystywano głównie na ściółkę, a pozostałą część na paszę i przyoranie oraz w niewielkim stopniu na sprzedaż.



Rys. 14. Zagospodarowanie słomy w zależności od powierzchni gospodarstwa i kierunku produkcji
Źródło: opracowanie własne

Zagospodarowanie słomy należy uznać za poprawne i zgodne z zasadami integrowanej produkcji, bowiem sprzedawano niewielkie jej nadwyżki, zaś duża ilość słomy była przyorywana lub powracała na pole w formie nawozów naturalnych. Resztki roślinne i plony uboczne (głównie słoma) stanowią bardzo ważne źródło materii organicznej i składników pokarmowych dla roślin uprawnych (17).

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza gospodarstw rolnych wykazała duże zróżnicowanie w zakresie badanych wskaźników dotyczących prowadzonej produkcji roślinnej w zależności od wielkości gospodarstwa i kierunku prowadzonej produkcji. Stwierdzono dużą zgodność ocenianych parametrów z zasadami przewidzianymi dla integrowanej ochrony i integrowanej produkcji roślinnej. Uzyskane wyniki dają bardzo dobry pogląd na sposób prowadzenia produkcji roślinnej w gospodarstwach województwa lubelskiego oraz stanowią bazę danych przydatną do wykorzystania w innych analizach z zakresu produkcji roślinnej. Do badań wybrano gospodarstwa prowadzące produkcję roślinną na stosunkowo dobrym poziomie (dotyczyło to również gospodarstw o mniejszej powierzchni), dlatego uzyskane rezultaty badań należy traktować jako studium przypadku i nie można ich uogólniać oraz odnosić do wszystkich gospodarstw w województwie lubelskim, lecz do gospodarstw o wyższym poziomie organizacyjno-produkcyjnym.

Literatura

1. Arseniuk E., Oleksiak T.: Postęp w hodowli głównych roślin uprawnych w Polsce i możliwości jego wykorzystania do 2020 roku. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **14**: 293-305.
2. Bąkowski G., Kucharska J.: Poradnik nawożenia i ochrony roślin 1997–1998. AGRO-CHEM – SITR, Warszawa 1996, 1-461.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów, 71-86.
4. Jajor E., Horoszkiewicz-Janka J., Danielewicz J., Korbas M.: Wpływ zmianowania i fungicydów na ograniczanie występowania chorób rzepaku ozimego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2012, **52(4)**: 1005-1010.
5. Kisiel R., Babuchowska K.: Wpływ płatności bezpośrednich na funkcjonowanie gospodarstw rolnych w Polsce. *Zesz. Nauk. SGGW. Probl. Rol. Świat.*, 2005, **12**: 144-152.
6. Kisiel R., Gutowska K.: Unijna pomoc finansowa jako czynnik stymulujący przekształcenia w polskim rolnictwie po akcesji europejskiej. *Rocz. Nauk Rol., seria G*, 2010, **97(1)**: 98-108.
7. Klepacki B., Gołbiewska B.: Wykształcenie rolników jako forma różnicująca sytuację gospodarstw rolnych. W: *Kapitał ludzki i intelektualny jako czynnik wzrostu gospodarczego i ograniczenia nierówności społecznych*, M.G. Woźniak (red.). Wyd. Mittel, Rzeszów, 2004, 457-465.
8. Kołoszko-Chomentowska Z.: Przyrodnicze i organizacyjno-ekonomiczne uwarunkowania rozwoju rodzinnych gospodarstw rolnych w województwie podlaskim. *Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB*, 2013, **41**: 1-135.

9. Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E.: Uproszczone systemy uprawy a występowanie sprawców chorób. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2008, **48(4)**: 1431-1438.
 10. Korbas M., Mrówczyński M. (red.): *Metodyka integrowanej produkcji pszenicy ozimej i jarej*. PIORiN Warszawa, 2014, 1-90.
 11. Krasowicz J., Stuczyński T., Doroszewski A.: Produkcja roślinna w Polsce na tle warunków przyrodniczych i ekonomiczno-organizacyjnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **14**: 27-54.
 12. Kuś J.: Rolnictwo integrowane – stan i perspektywy. W: *Mat. Konf. Nauk. „Konfrontacja systemów rolniczych”*, ATR Olsztyn 7–8.10.1992, 45-65.
 13. Kuś J.: Uprawa roli w rolnictwie integrowanym. *Integrowana Produkcja Roślinna*. Praca zbiorowa pod redakcją J. Podleśnego, 2007, 135-146.
 14. Mickiewicz A., Mickiewicz B.: Stosowanie środków produkcji w świetle nowych zasad integrowania ochrony roślin. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. Roczniki Naukowe*, 2014, **16(5)**: 160-168.
 15. Oleksiak T.: Rynek nasion 2012. IHAR Radzików, 2013, 1-11.
 16. Pawlak J.: Przewidywane zmiany w mechanizacji produkcji roślinnej w Polsce do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **14**: 329-340.
 17. Podleśna A.: Źródła składników pokarmowych dla roślin i ich znaczenie w systemie nawożenia zrównoważonego. *Integrowana Produkcja Roślinna*. Praca zbiorowa pod redakcją J. Podleśnego, 2007, 161-167.
 18. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. GUS Warszawa 2012, 105.
 19. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. GUS Warszawa 2014, 113.
 20. Smańcz J.: Rola zmianowania w integrowanej produkcji roślinnej. *Integrowana Produkcja Roślinna*. Praca zbiorowa pod redakcją J. Podleśnego, 2007, 147-154.
 21. Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2012/2013, GUS, Warszawa 2014, 73-74.
 22. Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2014 r. GUS, Warszawa 2015, 105-106.
 23. Wiwióra B.: Wpływ zdrowotności materiału siewnego jęczmienia jarego na występowanie chorób na roślinach oraz wartość siewną zebranego ziarna. *Biuletyn IHAR*, 2010, **257/258**: 3-16.
 24. Ziętara W.: Organizacyjno-ekonomiczne uwarunkowania zmian w polskim rolnictwie do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **14**: 273-292.
-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Janusz Podleśny
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 792
e-mail: jp@iung.pulawy.pl

Andrzej S. Zaliwski

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI JAKO ŹRÓDŁO INFORMACJI DECYZYJNEJ W INTEGROWANEJ PRODUKCJI ROŚLINNEJ*

Słowa kluczowe: systemy wspomagania decyzji (SWD), integrowana produkcja roślin, podejmowanie decyzji, upowszechnienie SWD, NegFry

Wstęp

Produkcja roślinna prowadzona jest w organizacjach zwanych gospodarstwami rolniczymi (21). Gospodarstwo rolnicze charakteryzuje się wyodrębnieniem organizacyjnym, co oznacza powierzenie realizacji celów gospodarstwa jednej osobie, kierownikowi lub rolnikowi. Rolnik realizuje cele gospodarstwa, podejmując decyzje.

Gospodarstwa produkujące na potrzeby rynku noszą nazwę przedsiębiorstw rolniczych. Uwzględnienie rynku wprowadza nowe relacje do otoczenia decyzyjnego gospodarstwa, znacząco zmieniając także relacje istniejące. Ostrzejsze są wymagania w odniesieniu do produktów i procesów technologicznych. Presja konkurencyjna wywołuje konieczność bardziej sprawnego i energicznego zarządzania, wykorzystania silnych i kompensowania słabych stron, dostrzegania zagrożeń i znajdowania optymalnych rozwiązań. Przedsiębiorstwa muszą przetrwać krytyczne okresy i utrzymać się, a ich rozwój wymaga działań twórczych i innowacji (83). Okoliczności te sprawiają, że przedsiębiorstwa rolnicze charakteryzują się znacznie bogatszą przestrzenią decyzyjną w stosunku do pozostałych gospodarstw, przez co ich potrzeby informacyjne są odpowiednio większe.

Nowoczesnym systemem uprawy jest Integrowana Produkcja Roślin (IPR) (64). Praktyczne wdrożenie IPR w gospodarstwie może zwiększyć jego konkurencyjność na rynku przez obniżenie kosztów (oszczędność środków ochrony roślin i nawozów), stabilizację plonowania, podniesienie jakości produktów i stworzenie warunków

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 4.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

do uzyskania wyższych cen (61). Idea integrowanej produkcji rolniczej zrodziła się w reakcji na działalność ruchów konsumenckich domagających się zwiększenia bezpieczeństwa żywności w latach 80. XX w. Według Bollera i in. (4), a także Mrówczyńskiego i Pruszyńskiego (50), podstawowym dokumentem dotyczącym integrowanej produkcji rolniczej są „Zasady i Zalecenia Techniczne Integrowanej Produkcji”. Pierwsze wydanie Zasad opublikowano w 1993 r. w biuletynie IOBC/WPRS wydawanym przez Międzynarodową Organizację Biologicznego i Integrowanego Zwalczenia (ang. *International Organisation for Biological and Integrated Control – IOBC*). Na stronach Organizacji dostępne jest trzecie wydanie „Zasad i Zaleceń Technicznych Integrowanej Produkcji” z roku 2004 (5).

W integrowanej produkcji rolniczej, w tym i roślinnej, naczelną zasadą jest wdrażanie zrównoważonego rozwoju, a nacisk położony jest na jakość produktów (50, 64), dlatego cały proces produkcyjny wymaga certyfikacji, musi być zgodny z zatwierdzoną metodyką i jest kontrolowany, z analizą pozostałości środków ochrony roślin i nawozów włącznie. Na stronach PIORiN zamieszczono 27 dokumentów zawierających metodyki integrowanej produkcji 29 roślin (64). Metodyki te zalecają stosowanie systemów wspomagania decyzji ułatwiających podejmowanie bardziej racjonalnych decyzji produkcyjnych, np. dotyczących nawożenia (38) czy ochrony roślin (61).

W pracy przedstawiono potrzeby rolników w zakresie informacji niezbędnych do podejmowania decyzji zarządczych, korzyści ze stosowania systemów wspomagania decyzji i problemy z ich upowszechnieniem. Omówiono przydatność modeli „Proгноza negatywna” i NegFry w zwalczaniu zarazy ziemniaka.

Wiedza rolnicza i potrzeby informacyjne rolnika

W produkcji roślinnej rolnik w bardzo szczególny sposób współdziała z przyrodą. W tabeli 1 przedstawiono porównanie cech produkcji przemysłowej i roślinnej. Wynika z niej, że warunki procesów produkcyjnych w produkcji roślinnej są pod wieloma względami znacznie bardziej złożone niż w produkcji przemysłowej, często niemożliwe do sterowania, charakteryzują się dużą zmiennością i różnorodnością.

Tabela 1

Porównanie produkcji przemysłowej i roślinnej

Lp.	Produkcja przemysłowa	Produkcja roślinna
	elementy procesu produkcji	
1.	• surowce • narzędzia • praca ludzka	• surowce • narzędzia • praca ludzka • przyroda

cd. tab. 1

Lp.	Produkcja przemysłowa	Produkcja roślinna
2.	funkcje użytkowania ziemi	
	• miejsce produkcji	• miejsce produkcji • środek produkcji • przedmiot pracy
3.	charakter produkcji	
	• ciągły	• sezonowy (zmienne zapotrzebowanie na pracę ludzi, narzędzi i maszyn) • przestrzenny
4.	cykl produkcyjny	
	• krótki • zgodny czasowo z cyklem pracy	• długi • niezgodny czasowo z cyklem pracy
5.	mechanizacja	
	• łatwa • mała liczba maszyn • maszyny stacjonarne	• względnie trudna • duża liczba maszyn • maszyny ruchome
6.	automatyzacja/robotyzacja	
	• łatwa • opłacalna	• trudna • często nieopłacalna
7.	zależność od pogody i warunków siedliskowych	
	• najczęściej niezależna (praca w pomieszczeniach)	• zależna od promieniowania słonecznego, temperatury powietrza i gleby, opadów atmosferycznych, wilgotności powietrza i gleby oraz wiatru • zależna od warunków glebowych i klimatycznych • praca najczęściej w terenie
8.	inne cechy charakterystyczne	
	• mała zmienność warunków pracy	• duża zmienność warunków pracy • różnorodność prac wykonywanych przez jedną osobę • praca z organizmami żywymi

Źródło: Gębska i Filipiak, 2006 (21)

Specyficzność i złożoność warunków produkcji roślinnej wymagają od rolnika kierującego przedsiębiorstwem rolniczym wysokich kompetencji (73). Zależność procesów produkcyjnych od procesów fizjologicznych w organizmach żywych oraz ich przebieg bezpośrednio w środowisku przyrodniczym (gleba i powietrze) powoduje konieczność znajomości biologii. W produkcji roślinnej szczególnie zaznacza się stały i nieunikniony wpływ czynników pogodowych, które decydują o jakości i ilości plonu. Od pogody zależy wzrost, rozwój i plonowanie roślin, rozwój agrofagów, sprawność przeprowadzenia prac polowych (15). Poważnym zagrożeniem dla plonu mogą być przymrozki, grad lub susza. Ocenia się, że ok. 75% wszystkich strat w produkcji roślinnej jest spowodowane bezpośrednio lub pośrednio przez czyn-

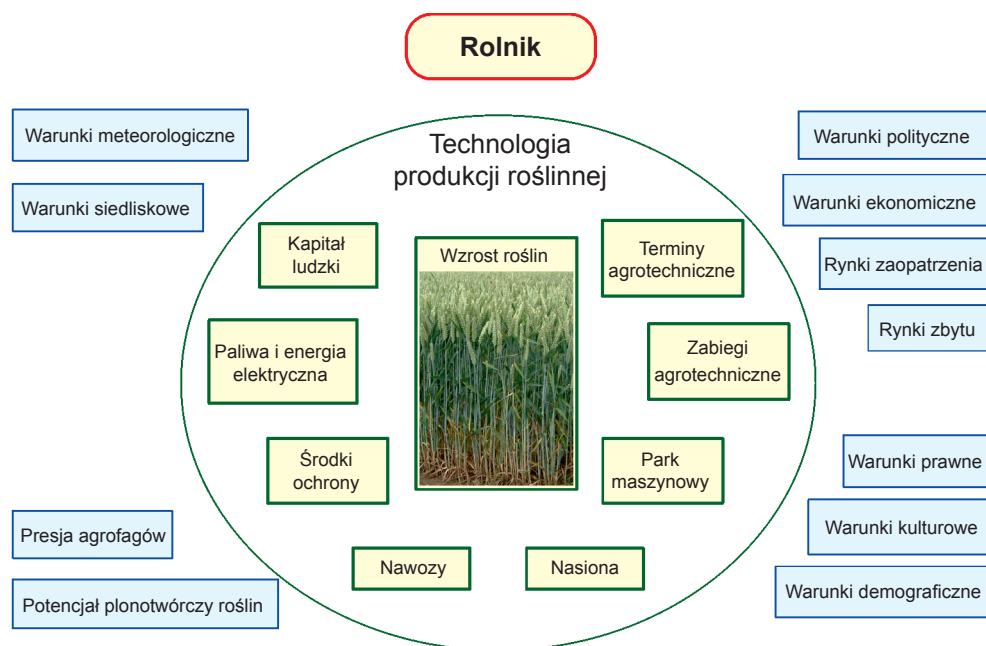
niki pogodowe (46). Rolnik powinien wobec tego orientować się w zagadnieniach klimatologii i meteorologii, gdyż produkcja roślinna odbywa się na ogół na terenie otwartym (tab. 1). Produkcję roślinną prowadzi się według określonych technologii, które mają charakter zarówno ogólny, jak i lokalny. Zmienność warunków produkcji stwarza konieczność ich rozpoznawania i ciągłego dostosowywania technologii, np. zabiegów ochrony roślin do występowania agrofagów. Rolnik musi dobrze znać agrotechnikę, zwłaszcza ochronę roślin i nawożenie, ale także ogólną i szczegółową uprawę roślin. Do czynników siedliskowych, które mają duży wpływ na procesy produkcyjne należą jakość gleby i ukształtowanie terenu (21). Niezbędna jest więc znajomość gleboznawstwa. Ponieważ zabiegi uprawowe są obecnie niemal wyłącznie wykonywane maszynowo, od rolnika wymaga się znajomości techniki rolniczej, zwłaszcza w zakresie eksploatacji narzędzi, maszyn i urządzeń. Często zachodzi konieczność wykonywania drobnych napraw; znajomość techniki rolniczej rozciąga się więc także na naprawy: mechaniczne, budowlane, stolarskie, hydrauliczne, elektryczne itd. Szczególnie ważne jest zarządzanie gospodarstwem rolnym w otoczeniu rynkowym, co wymaga wiedzy z zakresu rachunkowości, marketingu, negocjacji, a także umiejętności handlowych (73).

Przedsiębiorstwa rolnicze działają w skomplikowanym i zmiennym otoczeniu prawnym. Rolnik powinien więc znać podstawy prawa (cywilnego, handlowego, prawa pracy). Za ewentualne popełnione w decyzjach błędy sam ponosi odpowiedzialność, więc obok wymienionych dziedzin powinien też posiadać solidne podstawy organizacji i zarządzania. Ponieważ obecnie coraz szerzej w zarządzaniu przedsiębiorstwem rolniczym wykorzystywane są techniki komputerowe, rolnik musi znać przynajmniej podstawy informatyki, a także posiadać znajomość programów specjalistycznych. Wymagania odnośnie zrównoważenia produkcji rolniczej oraz wprowadzania integrowanych metod produkcji zobowiązują rolnika do dogłębnego poznania istoty i metod produkcji integrowanej.

Kompetencje rolnika można wyrazić jako posiadanie wiedzy z wielu dziedzin:

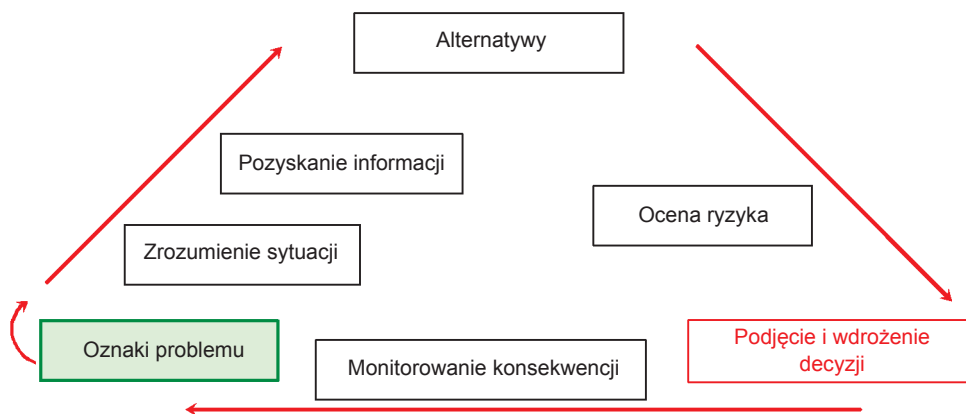
- biologii,
- szczegółowej uprawy roślin,
- gleboznawstwa,
- meteorologii z klimatologią,
- ogólnej uprawy roślin (zwłaszcza ochrony roślin i nawożenia),
- techniki rolniczej (eksploatacji i napraw maszyn),
- organizacji i zarządzania,
- prawa,
- rachunkowości,
- marketingu,
- informatyki rolniczej,
- metod produkcji zrównoważonej i integrowanej.

Wiedza rolnicza jest jednak przede wszystkim wiedzą pragmatyczną (58), łączącą doświadczenie i umiejętności z teorią. Jest bardzo skomplikowana, ponieważ zespala wiedzę z licznych dziedzin, różniących się poziomami abstrakcji (75). Decyzje rolnika mają szeroki zakres, poczynając od szczegółów wykonania zabiegu ochronnego przeciw chorobie lub szkodnikowi, przez plany wyboru roślin do uprawy, odmian do siewu, kolejności uprawy pól, aż po planowanie alternatywnych strategii na wypadek nieurodzaju. Wszystko niekiedy w odstępach minutowych. Otoczenie decyzyjne w gospodarstwie jest również wieloaspektowe, wymaga wzięcia pod uwagę wielu warunków i ograniczeń nawet przy dość rutynowych decyzjach, takich jak planowanie technologii produkcji (rys. 1).



Rys. 1. Wybrane elementy otoczenia decyzyjnego w gospodarstwie (produkcja roślinna)
Źródło: opracowanie własne

Szeroki zakres decyzji wymaga dużej elastyczności w zastosowaniu posiadanej wiedzy ze względu na dostosowanie procesu podejmowania decyzji do sytuacji decyzyjnej. Dlatego w konkretnych sytuacjach ogólny model procesu podejmowania decyzji ulega dość radykalnemu przekształceniu (porównaj rysunek 2 i 3).



Rys. 2. Ogólny model procesu podejmowania decyzji w rolnictwie

Źródło: opracowanie własne na podstawie Zaliwskiego, 2013 (77)



Rys. 3. Model procesu podejmowania decyzji w integrowanej ochronie roślin

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Norris i in., 2003 (59)

Rolnik podejmuje wiele decyzji w warunkach dużej niepewności wynikającej ze złożoności i nieprzewidywalności przebiegu procesów produkcyjnych w produkcji roślinnej (tab. 1). Niepewność „brzemienną w skutkach”, czyli taką, której towarzyszy niepowodzenie lub strata określa się mianem ryzyka. Nie z każdej niepewności wynika więc sytuacja ryzykowna. Ryzyko i zarządzanie nim w rolnictwie stanowią rozległy temat; istnieje także poświęcona mu pokaźna literatura. Zagadnieniami tymi zajmowało się wielu autorów, wśród nich Baquet i in. (3), Harwood i in.

(24), Musser i Patrick (51) oraz Yost i in. (75), a na łamach Studiów i Raportów IUNG-PIB Matyka (45).

Ryzyko występujące w działalności przedsiębiorstw rolniczych można podzielić na pięć grup: produkcyjne, marketingowo-cenowe, finansowe, prawne oraz osobiste (24). Głównym źródłem ryzyka produkcyjnego jest przede wszystkim uzależnienie produkcji od zmiennych warunków atmosferycznych. Określone niebezpieczeństwo niosą zmiany technologiczne, bo chociaż nowe odmiany i technologie produkcji oferują lepsze plony i wyższą wydajność, to jednak czasami mogą nie spełniać oczekiwań. Ryzyko marketingowo-cenowe spowodowane jest zmiennością sytuacji gospodarczej. Uprawa roślin to rozciągnięty w czasie cykl produkcji na długo angażujący kapitał. Relacje cen płodów rolnych do cen środków produkcji mogą ulec w tym czasie dużym wahaniom. Ryzyko finansowe wyraża zagrożenie płynności finansowej gospodarstwa. Wynika ono ze sposobu, w jaki kapitał jest pozyskiwany i finansowany. Problemem może być np. fluktuacja oprocentowania kredytów. Ryzyko prawne stwarzają np. regulacje prawne wynikające z polityki dotyczącej rolnictwa i obszarów wiejskich, głównie ze Wspólnej Polityki Rolnej (WPR). Ryzyko osobiste, w odróżnieniu od wcześniej wymienionych grup, jest związane z osobą rolnika. Wynika po części z jego indywidualnych cech. Do tej kategorii zalicza się także ryzyko wynikające z możliwości nieszczęśliwych zdarzeń. Istnieją mechanizmy pozwalające na zarządzanie ryzykiem (np. ubezpieczenia), ale w wielu przypadkach rolnik musi podejmować decyzje w warunkach niepewności i sam ponosi konsekwencje nieudanych wyborów. Dotyczy to zwłaszcza decyzji produkcyjnych.

Rolnik jako prywatny przedsiębiorca mógłby do wszystkich lub niektórych funkcji zatrudnić fachowców. Jest to możliwe w przypadku bardzo dużych przedsiębiorstw. Jednak w przypadku większości przedsiębiorstw rolniczych skala produkcji jest mała. Niskie dochody zmuszają do szukania innych rozwiązań. Gospodarstwa rolnicze korzystają oczywiście z doradztwa rolniczego, jednak liczba gospodarstw przypadających na jednego doradcę jest wysoka i nie może on zaspokoić wszystkich potrzeb (73). Z tych powodów uzasadnione jest zastosowanie narzędzi informatycznych (82), takich jak programy doradcze i systemy wspomaganie decyzji (SWD).

Wykorzystanie narzędzi informatycznych w podejmowaniu decyzji

Podstawowe znaczenie dla zdolności konkurencyjnej sektora rolno-spożywczego ma obniżenie kosztów wytwarzania produktów rolnych przez bardziej efektywne wykorzystanie czynników produkcji, postęp techniczny, technologiczny i biologiczny oraz dostęp do wiedzy i wdrażanie innowacji, w tym rozwój społeczeństwa informacyjnego. Wykorzystanie wiedzy oraz tworzenie społeczeństwa informacyjnego jest we współczesnym świecie bardzo istotnym czynnikiem rozwoju rolnictwa (60).

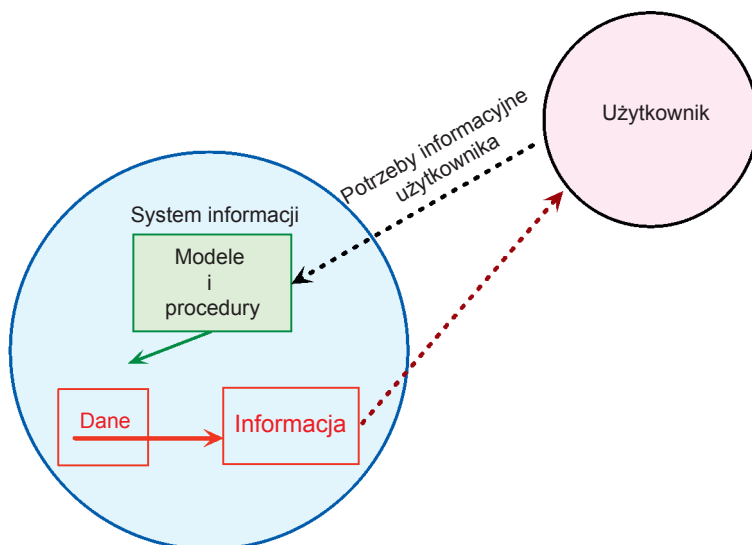
Nowoczesna produkcja roślinna zakłada poprawę efektywności wykorzystania ziemi przez zmiany w zakresie metod, sposobów i technologii produkcji (tab. 2). Wzrasta złożoność zarządzania gospodarstwami i poprawę jakości decyzji można uzyskać przez większą ilość informacji o lepszej jakości. Celów tych nie da się osiągnąć bez zastosowania narzędzi informatycznych, a zwłaszcza systemów informacyjnych. W stosunku do tradycyjnych źródeł informacji systemy informacyjne, w tym systemy wspomagania decyzji (SWD), pozwalają na ściśle dostosowanie do potrzeb informacyjnych odbiorców (rys. 4).

Tabela 2

Wybrane cechy nowoczesnej produkcji roślinnej

Lp.	Cecha	Stan obecny	Cel
1.	Energia nieodnawialna	wysokie zużycie	niskie zużycie
2.	Nawozy	sztuczne	naturalne
3.	System uprawy roli	plużny/uproszczony	zerowy
4.	Uprawy	roczne	roczne/trwałe
5.	Zróżnicowanie upraw	małe	duże
6.	Złożoność zarządzania	niska	średnia/wysoka
7.	Jakość informacji	niska/średnia	wysoka
8.	Liczba informacji	niska/średnia	wysoka
9.	Systemy informatyczne, SWD	niskie wykorzystanie	wysokie wykorzystanie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Francis, 2003 (19)



Rys. 4. Proces pozyskiwania informacji decyzyjnej z systemu informacyjnego zgodnie z potrzebami użytkownika systemu (ekstrakcja informacji)

Źródło: opracowanie własne

Analizując tendencje w polskim rolnictwie w zakresie wykorzystania narzędzi informatycznych do pozyskania informacji decyzyjnych, można stwierdzić w ostatniej dekadzie znaczne postępy. Jeszcze przed rokiem 2006 głównymi źródłami informacji decyzyjnej dla rolników były: telewizja, prasa fachowa, ulotki reklamowe, poczta oraz radio (11, 65). Z Internetu korzystało tylko ok. 14% rolników. Przyczyną tego stanu rzeczy był brak komputerów, ale przede wszystkim brak dostępu do Internetu. Z badań przeprowadzonych kilka lat później (12) wynika, że 68% właścicieli gospodarstw umiało posługiwać się komputerem, a 59% gospodarstw posiadało komputery, z których dwie trzecie było podłączonych do Internetu. Potrzeby informacyjne gospodarstw zaspakajane były głównie przez programy ogólnego przeznaczenia (przeglądarki, edytory tekstów i arkusze kalkulacyjne). Udział programów specjalistycznych był znikomy (12, 37, 41). Potrzeby rolników w zakresie oprogramowania specjalistycznego obejmowały wypełnianie wniosków, wspomaganie ochrony roślin, przypominanie o terminach prac polowych oraz bazy cen.

Badania przeprowadzone w 2009 r. wykazały, że ponad 80% gospodarstw posiadało komputer, z czego większość z dostępem do Internetu. Liczba rolników używających specjalistyczne oprogramowanie wspomagające podejmowanie decyzji w procesach produkcyjnych gospodarstwa była nadal stosunkowo niewielka mimo posiadania sprzętu komputerowego (13). Sytuacja ta jednak szybko zmienia się. Wśród gospodarstw badanych przez Borusiewicza i Kapelę (8) nasycenie sprzętem komputerowym osiągnęło 92%, z tego trzy czwarte z dostępem do Internetu. Większość (81%) rolników posiadających dostęp do Internetu wykorzystuje go w poszukiwaniu fachowych informacji i doradztwa. Wydaje się więc, że istnieją obecnie właściwe warunki do przyspieszonego wchłaniania nowych technologii wspomagających podejmowanie decyzji.

Decyzje podejmowane przez rolnika są stosunkowo trudne z jednej strony ze względu na złożoność sytuacji decyzyjnej, z drugiej zaś z uwagi na jej niepewność. Tradycyjne metody podejmowania decyzji oparte na intuicji i doświadczeniu są obecnie mało efektywne. Wykorzystanie fachowej wiedzy redukuje niepewność, a analiza dostępnych danych pozwala na generowanie alternatywnych, zoptymalizowanych rozwiązań w stosunkowo krótkim czasie. Funkcje takie przy podejmowaniu decyzji pełnią systemy wspomaganie decyzji (39, 77). System wspomaganie decyzji oznacza system informatyczny rozszerzający intelektualny potencjał człowieka o możliwości komputera, opracowany z myślą o polepszeniu jakości decyzji (71). Zgodnie z doniesieniami wielu autorów, np. Boumy (7), Kozłowskiego i Weresa (39), Magarey'a i in. (43), Manosa i in. (44), McCowna (48, 49), Nieróbcy i Zaliwskiego (57) na świecie powstało już wiele takich systemów. Tym niemniej ich wykorzystanie nie jest powszechne, nawet w krajach rozwiniętych (2, 26, 32, 48, 54, 62, 63). Ponadto na każdy system wspomaganie decyzji będący w użyciu przypada co najmniej kilka, których wdrożenie nie powiodło się. Wśród SWD niewdrożonych są systemy nigdy niedokończone (zaniechane), ukończone, ale nigdy nie użyte w praktyce oraz takie,

których wykorzystanie ograniczyło się tylko do celów badawczych. Przykładem należącym do ostatniej grupy może być system Agroefekt (76).

Problemem słabego wykorzystania SWD w praktyce rolniczej zajmowało się wielu autorów. Parker i Campion (63) podają np., że na ponad 20 rolniczych SWD dostępnych w Wielkiej Brytanii w połowie lat 90. XX w. ani jeden nie był używany przez rolników – pomimo iż wykazywali oni duże zapotrzebowanie na informację. Jako główne przyczyny takiego stanu rzeczy podawano (10, 27, 63):

- brak komputera w gospodarstwie;
- zbyt złożona obsługa systemu;
- duża liczba danych do wprowadzenia (zależna od wielkości gospodarstwa);
- konieczność wprowadzenia danych trudnych do zdobycia;
- niespełnienie oczekiwań rolnika co do otrzymywanej informacji;
- konkurencyjne źródła informacji;
- brak nawyków używania komputera wśród starszej generacji;
- brak czasu w związku z wykonywaniem innych czynności;
- brak przykładu sąsiadów;
- złe uprzednie doświadczenia z oprogramowaniem niespełniającym oczekiwań;
- brak przekonującego dowodu przewagi SWD nad dotychczasową praktyką.

Gelb (20) na podstawie badań ankietowych prowadzonych wśród uczestników konferencji europejskich EFITA w latach 2001–2011 podaje, że liczba specjalistów – informatyków rolniczych utrzymujących, że wykorzystanie technologii informatycznych przez rolników stanowi problemem nie zmalała, lecz wzrosła (z 72% do 90%). Problem ten stał się więc bardziej zauważalny. Jako główne przyczyny podają oni brak umiejętności posługiwaniem się narzędziami informatycznymi, a z drugiej strony brak szkoleń.

W 2004 r. duński zespół zajmujący się rozwijaniem SWD o nazwie „Crop Protection Online” (CPO) przeprowadził badania ankietowe wśród rolników w celu poznania ich stylu podejmowania decyzji (32). CPO jest systemem wspomagania decyzji udostępnionym w Internecie do określania taktyki ochrony roślin przed chorobami, szkodnikami oraz chwastami i umożliwia zmniejszenie liczby zabiegów ochronnych i redukcję dawek środków ochrony roślin (33). Jest wykorzystywany niemal przez wszystkich doradców duńskich. Jednak, choć jego wartość została wykazana w wielu doświadczeniach polowych, liczba rolników wykorzystujących system (ok. 1000 osób, co stanowi mniej więcej 3% duńskich rolników) niemal nie wzrosła w ciągu 10 lat. Badania prowadzone przez zespół specjalistów nauk rolniczych, ekonomicznych i socjologicznych pozwoliły na identyfikację trzech grup rolników o wyraźnie odrębnym stylu podejmowania decyzji:

- preferujących podejście systemowe;
- bazujących na własnym doświadczeniu;
- polegających przede wszystkim na doradcy.

Podjęcie rolników z tych trzech grup zdecydowanie różniło się, jeśli chodzi o sposób wykorzystania systemu CPO. Przykładowo, Crop Protection Online wymaga określonych danych z lustracji każdego pola w celu oceny występowania agrofagów. Rolnicy o podejściu systemowym nie zbierają danych z lustracji, ponieważ wolą nie redukować liczby zabiegów ani dawek, co daje im wyższy poziom ochrony, umożliwiając elastyczne podejście przy planowaniu płodozmianu. Rolnicy bazujący na doświadczeniu posiadają dobrą znajomość pola i unikają wymaganych lustracji. Rolnicy korzystający z usług doradcy przeprowadzają lustrację wspólnie z doradcą, nie wykazując ochoty do samodzielnej obsługi systemu CPO. Rezultatem badań było stwierdzenie, że strategia optymalizacji ochrony roślin przyjęta w systemie nie odpowiadała strategiom dochodzenia do optymalnych decyzji stosowanym przez rolników. Założenia konstruktorów nie uwzględniły celów rolników, sposobów pozyskiwania przez nich wiedzy oraz sposobów wartościowania tej wiedzy. Zespół naukowców tworzących system zastosował w nim swój własny styl podejmowania decyzji, przecząc fakt, że rolnicy podejmują je wyraźnie w inny sposób. Stało się to przeszkodą w akceptacji systemu. Projektanci systemów muszą więc uwzględniać przyzwyczajenia użytkowników i dokonywać wstępnej analizy interakcji system–użytkownik.

Jak już wcześniej zauważono, barierą w wykorzystaniu systemu, zidentyfikowaną w badaniach grupy rolników z niego korzystających, była konieczność lustracji pól w celu pozyskania danych. Problem ten rośnie wraz z arealem gospodarstwa i liczbą pól. Identyfikacja chwastów i chorób również sprawiała sporo problemów. Natomiast rolnicy niekorzystający z systemu nie widzą powodu do jego używania. Informacja generowana przez system „nie trafia im do przekonania”. Dotychczasowe przyzwyczajenia mają dla nich większą wartość niż bodziec ekonomiczny.

Badania ankietowe dotyczące wykorzystania systemów wspomaganie decyzji przeprowadzono także w Australii w stanie Queensland w 2005 r. Odpowiedzi udzielili jednak nie rolnicy, ale grupa 19 specjalistów agronomów zajmujących się opracowywaniem SWD (55). Ekspertiści za najważniejsze wymagania przy projektowaniu i rozwoju SWD uznali:

- skupienie się na problemach najbardziej dokuczliwych: występujących w miarę często, których rozwiązanie przyniesie wymierne korzyści, a jednocześnie trudnych do rozwiązania przez rolnika;
- uwzględnienie specyfiki lokalnej;
- współpracę z rolnikami, szczególnie na etapie projektowania systemu;
- poznanie „punktu widzenia” rolników;
- uproszczenie samego SWD oraz jego obsługi, skrócenie czasu potrzebnego na jego obsługę do minimum;
- wykorzystanie łatwo dostępnych źródeł informacji;
- poznanie zakresu opcji, które wykorzysta rolnik;
- uwzględnienie innych rozwiązań sprzętowych niż komputer;
- niski koszt;

- uzyskanie poparcia ze strony pierwszych użytkowników wyłonionych w trakcie wdrożenia i upowszechnienia.

Specjaliści podkreślają, że SWD ma pomóc podjąć decyzję, a nie tylko dostarczyć informację. Projektant systemu powinien zwrócić baczniejszą uwagę w szczególności na specyfikę procesu podejmowania decyzji przez rolnika: uwzględnić czynniki ekonomiczne, środowiskowe i socjologiczne, które mogą wpływać na wynik decyzji i zawrzeć je w opcjach wyboru proponowanych przez system. Ważne jest, by SWD odzwierciedlał cele rolnika podejmującego decyzję. To ostatnie wymaganie jest zbieżne z ustaleniami poczynionymi przez zespół duński: proces podejmowania decyzji zaprogramowany w systemie powinien oddawać styl podejmowania decyzji przez rolnika.

Specjaliści australijscy zaznaczyli, że użytkownikami rolniczych SWD są przede wszystkim doradcy, natomiast rolnicy (szczególnie ze starszego pokolenia) korzystają z niego w małym stopniu. Doradcy używają SWD do zdobywania wiedzy, a więc można powiedzieć, iż w warunkach Australii głównym wkładem SWD do rolnictwa jest samoedukacja doradców rolniczych. Przeszkodą w upowszechnieniu SWD w mniemaniu specjalistów australijskich jest rozbieżność podejścia do rozwiązywania problemów przez naukowców i rolników, brak wyraźnej przewagi zaleceń SWD nad decyzjami podejmowanymi przez rolników, złożoność SWD oraz zbyt długi czas niezbędny na szkolenie się w obsłudze i późniejsze użycie SWD. Stwierdzają oni, że choć nieuzasadnione są nadzieje na szersze wykorzystanie oferowanych systemów wspomagania decyzji, to jednak systemy o zademonstrowanej przydatności mają dużą szansę na akceptację i upowszechnienie.

Informacje „ze sceny amerykańskiej” odnośnie wykorzystania SWD w ochronie roślin dostarczają Magarey i in. (43). Stwierdzają oni, że przeszkodą w upowszechnieniu prostych SWD jest ograniczenie do rozwiązania pojedynczych, specyficznych problemów, podczas gdy producenci rolni muszą zwalczać cały kompleks agrofagów występujących w ich systemach produkcji. Złożone SWD natomiast nie uzyskują większej akceptacji, ponieważ rozmiągają się z oczekiwaniami rolników. Wymagają np. ręcznego zbierania i wprowadzania wielu danych. Inną przyczyną jest niezrozumienie generowanych zaleceń. Sytuacja taka może zajść w przypadku niewystarczającego przeszkolenia w obsłudze. System po krótkim okresie stosowania zostaje wtedy oceniony jako nieprzydatny. Zagadnienia te Magarey zalicza do marketingu SWD. Oczekiwanie użytkowników początkowo często rozmiągają się z rzeczywistymi możliwościami systemu. Jeżeli system jest upowszechniany bez właściwej informacji odnośnie jego przeznaczenia i obsługi, zostaje oceniony z perspektywy niespełnionych oczekiwań. Spełnienie ich powinno być uwzględnione już w projekcie. W przeciwnym razie istnieje niebezpieczeństwo pominięcia celów istotnych dla rolnika. Przykładowo, jeżeli jedynym celem systemu jest jak największa oszczędność na zabiegach ochrony roślin, a rolnikowi zależy przede wszystkim na utrzymaniu odpowiedniej jakości lub spełnieniu norm, to taki SWD już w punkcie wyjścia nie spełni oczekiwań odbiorcy.

Użytkownicy systemu różnią się pod względem potrzeb informacyjnych – dla niektórych dostarczana informacja może być zbyt złożona, podczas gdy inni odczuwają brak możliwości dokonywania wyboru z szerokiej gamy opcji. Wystarczającym powodem rezygnacji z usług SWD może być wrażenie zbyt długiego czasu na „zasięgnięcie rady”. Magarey proponuje tutaj zasadę „filiżanki kawy” – rolnik gotów jest spędzić z systemem nie więcej czasu, niż trwa wypicie jednej filiżanki kawy. Warunek ten nakazuje eliminowanie zbierania danych przez użytkownika i wprowadzania ich do systemu.

Jako rozwiązanie podanych trudności Magarey proponuje równoczesne dostarczenie co najmniej dwóch wersji SWD o różnej złożoności: wersję pełną i „okrojona”. Zaletami „okrojonej” wersji są przede wszystkim: prostota, krótki czas szkolenia w podstawach obsługi i niski koszt. Pełna wersja SWD dostarcza natomiast bardziej zaawansowanych narzędzi. Rolnicy, którzy decydują się na użycie systemu w pełnej wersji powinni mieć do dyspozycji wiele scenariuszy możliwych do wyboru ze względu na preferowane kryteria, np. poziom ryzyka. Magarey stwierdza, że rolnicy, którym zaoferowano na początku proste, ale efektywne wersje SWD, szybko poczuli potrzebę sięgnięcia po wersje pełniejsze. Prosty SWD służy tu jako „ścieżka nauki”, ułatwiając porzucenie dotychczasowych przyzwyczajeń i nabycie nowych, np. zrezygnowanie z rutynowego programu oprysków według kalendarza i codzienne korzystanie z zaleceń systemu. SWD powinien więc dostosowywać poziom złożoności do potrzeb rolnika.

Dość oryginalne podejście do upowszechnienia SWD zastosował inny zespół amerykański, wdrażając program osłony agrometeorologicznej o nazwie AgroClimate (1). Celem programu jest zapoznanie rolników z metodami zmniejszenia ryzyka produkcyjnego powstającego w wyniku zmienności klimatycznej. Systemy wspomaganie decyzji (17, 18) stanowią tylko część programu i są traktowane jako jedna z możliwych opcji. Dostępne narzędzia na portalu AgroClimate pozwalają na monitoring i prognozowanie sezonowych zmian klimatu oraz zarządzanie ryzykiem w produkcji roślinnej i zwierzęcej. Dane z monitoringu i prognozowania pogody (prognozy krótkoterminowe) zasilają SWD generujące zalecenia dotyczące aplikacji fungicydów i planowania nawodnień oraz raporty o fazach rozwojowych roślin i liczbie godzin zakumulowanego chłodu (ważne dla upraw sadowniczych). Zalecenia i raporty są dostarczane odbiorcom przez sieć telefonii komórkowej w postaci SMS. W celu upowszechnienia metod zmniejszenia ryzyka organizowane są cyklicznie szkolenia rolników i spotkania polowe z doradcami. Grupa najbardziej zaangażowanych rolników prowadzi demonstracje, co zachęca innych. Tematyka związana z SWD jest częścią programu szkoleń, stanowiąc bardziej zaawansowany stopień. Zainteresowanie systemem AgroClimate stopniowo wzrasta, jednak jak wynika z podanych informacji, wykorzystanie samych SWD wśród rolników nie jest duże (1).

W Polsce badania stopnia wykorzystania programów komputerowych do wspomaganie decyzji przez rolników prowadził np. Francik (16). Wśród właścicieli

135 gospodarstw położonych w powiecie nowosądeckim przeprowadzono badania ankietowe. Większość ankietowanych rolników (77%) doceniło znaczenie wspomagania komputerowego w prowadzeniu działalności rolniczej, ale tylko 17% słyszało o systemach wspomagania decyzji, a 11% korzystało z tych systemów. W grupie wiekowej do 30 lat swój własny stopień opanowania obsługi komputera 92% rolników oceniło jako dobry, natomiast w grupie powyżej 50 lat – 20% rolników. Najpopularniejszym SWD używanym przez ankietowanych rolników okazał się OTR-7 opracowany przez Cupiała (14), służący do optymalizacji wyposażenia technicznego gospodarstw rolniczych.

Z przeglądu światowej literatury dotyczącej wykorzystania SWD przez rolników wynika, że obecnie użycie tych narzędzi informatycznych nie jest duże, jednak systemy naprawdę przydatne mają dużą szansę na akceptację i upowszechnienie. Wyraźnie zarysowuje się potrzeba budowy SWD obejmującego wszystkie aspekty produkcji rolniczej. Powinien on wspomagać decyzje w takich działaniach, jak: ochrona roślin, nawożenie, organizacja prac, zarządzanie, zaopatrzenie, rachunkowość, finanse, itd. Najlepszą obecnie technologią do wdrożenia takiego SWD wydaje się Internet ze względu na niewątpliwe zalety. Zastosowanie przeglądarki umożliwia wyeliminowanie specjalistycznego oprogramowania po stronie użytkownika. Aktualizacja SWD odbywa się tylko na serwerach i jest od razu zauważalna dla użytkownika po odświeżeniu strony, natomiast niezbędna integracja różnych danych z rozproszonych baz danych (dane pogodowe, dane o odmianach, środkach ochrony roślin itd.) jest niedostrzegalna, co znacznie podnosi komfort obsługi. Internet ułatwia współpracę użytkowników, umożliwiając porównywanie wyników lustracji pól i programów zabiegów ochronnych. Ważne problemy mogą być poddawane dyskusji i konsultacji na wspólnym forum.

Niewątpliwie takim nowoczesnym złożonym systemem, uwzględniającym wiele upraw rolniczych oraz zagadnień i dobrze sprawdzonym praktycznie jest duński system Pl@nteInfo (29, 31). Powstał on w kooperacji Duńskiego Instytutu Nauk Rolniczych oraz Duńskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego (ang. *Danish Agricultural Advisory Centre – DAAC*) i jest eksploatowany od 1996 r. Duński SWD przetwarza dane z wielu rozsianych źródeł w celu prezentacji aktualnej informacji dotyczącej sytuacji lokalnej (w konkretnym gospodarstwie), w postaci tekstowej i graficznej (mapy i wykresy). Informacja ta obejmuje lokalny komunikat pogodowy, ryzyko ataku chorób i szkodników obliczone na podstawie lokalnych danych pogodowych, informację z monitoringu wystąpienia chorób i szkodników na polu, itd. Producent rolny zarejestrowany w systemie ma możliwość przesłania własnych danych o warunkach polowych i pogodowych w celu uzyskania prognoz faz rozwojowych roślin, zaleceń dotyczących nawadniania, nawożenia azotem itd. Jensen i Thysen (30) podają, że określone zalecenia systemu Pl@nteInfo są także dostępne w sieci telefonii komórkowej w formie SMS. Są to np. godzinowe lokalne prognozy pogody (temperatura, opady, wilgotność względna, prędkość i kierunek wiatru), czterodniowe prognozy pogody, ryzyko wystąpienia zarazy ziemniaka, informacja z monitoringu

chorób i szkodników pszenicy ozimej. Przesyłanie SMS może być uruchamiane na żądanie użytkownika lub automatycznie – wywoływane aktualizacją bazy danych pogodowych, w cyklu czasowym określonym przez użytkownika. Różna może być także postać dostarczonej informacji. Może ona przybierać formę zalecenia (zawierającego całość niezbędnej informacji), powiadomienia o dostępności określonych informacji, alarmu dotyczącego wystąpienia szkodliwego zjawiska itd.

W systemach takich jak Pl@nteInfo czy AgroClimate zrealizowano dwa rodzaje oddziaływania informacji: przez emisję (ang. *transmission*) oraz ekstrakcję (ang. *extraction*). Według Burgina (9), są to dwa uzupełniające się rodzaje transmisji informacji. Emisja jest pasywna: system dostarcza informację, na której treść użytkownik nie ma wpływu, może ją tylko odebrać. Ekstrakcja (rys. 4) jest aktywna: system wymaga, by użytkownik sam wyszukał informację i ją pozyskał. Dobry SWD powinien realizować obydwa rodzaje transmisji, ponieważ emisja nadaje się bardziej do informacji często zmieniającej się (np. dzienne alerty), natomiast ekstrakcja umożliwia przeszukiwanie informacji zmieniającej się rzadziej (przeglądanie baz danych, źródeł informacji itd.).

Innym systemem o zasięgu krajowym jest niemiecki internetowy system wspomagania decyzji ISIP – System Informacji w Integrowanej Produkcji Roślin (ang. *Information System for Integrated Plant Production*) (69). Wzorem do jego budowy był duński system Pl@nteInfo. Prace rozwojowe rozpoczęły się w 2001 r. ISIP jest ciągle rozwijany, dodawane są wciąż nowe składniki, a o jego zasięgu świadczy pokaźna liczba stacji meteorologicznych (których w roku 2007 było 566) zasilających system danymi pogodowymi. Odbiorcami informacji generowanej przez niemiecki system są rolnicy i doradcy. System koncentruje się na wspomaganiu decyzji głównie w zakresie ochrony upraw rolniczych i ogrodniczych, ale nie tylko. Umożliwia np. optymalizację nawożenia i pomoc w wyborze odmiany zbóż, a także posiada modele do bilansowania składników pokarmowych w uprawach roślin strączkowych. Generowana informacja trafiająca do rolników to nie tylko wyniki pracy modeli, ale także informacje z monitoringu (lustracji pól) oraz komentarze doradców. System udostępnia narzędzia do wymiany informacji przez rolników, a ponadto generuje dokumenty w formacie PDF zawierające serwisy informacyjne i ostrzeżenia. Oferuje także encyklopedię z informacjami o ponad 20 roślinach uprawnych i ponad 200 chorobach i szkodnikach. Podobnie jak w Pl@nteInfo, określone zalecenia są przysyłane w formie SMS, a także przez pocztę elektroniczną.

Model „Prognoza negatywna”

Jak już wspomniano, poprawę jakości decyzji można osiągnąć przez większą ilość informacji o lepszej jakości i precyzyjniej ukierunkowanej na sytuację decyzyjną (istotniejszą dla rozwiązywanego problemu). W tym oraz w następnym rozdziale zostaną przedstawione dwa przykłady, w których zastosowanie systemu wspomagania decyzji prowadzi do bardziej efektywnego wykorzystania czynników

produkcji, umożliwiając podjęcie decyzji o wysokiej jakości, z minimalnym tylko wprowadzaniem danych przez użytkownika. Mowa będzie o dwóch modelach ochrony ziemniaka przed zarazą ziemniaka: niemieckim modelu „Prognoza negatywna” oraz amerykańskim modelu Fry’a.

a)			b)		
Wtorek, 16 czerwca 2015	2,80	165,80	Wtorek, 16 czerwca 2015	2,80	160,82
Poniedziałek, 15 czerwca 2015	12,79	163,00	Poniedziałek, 15 czerwca 2015	12,79	158,02
Niedziela, 14 czerwca 2015	1,56	150,21	Niedziela, 14 czerwca 2015	1,56	145,23
Sobota, 13 czerwca 2015	1,05	148,65	Sobota, 13 czerwca 2015	1,55	143,67
Piątek, 12 czerwca 2015	5,59	147,00	Piątek, 12 czerwca 2015	5,59	142,02
Czwartek, 11 czerwca 2015	5,73	141,41	Czwartek, 11 czerwca 2015	5,73	136,43
Środa, 10 czerwca 2015	2,36	135,68	Środa, 10 czerwca 2015	2,36	130,70
Wtorek, 9 czerwca 2015	7,04	133,32	Wtorek, 9 czerwca 2015	7,04	128,34
Poniedziałek, 8 czerwca 2015	3,98	126,28	Poniedziałek, 8 czerwca 2015	3,98	121,30
Niedziela, 7 czerwca 2015	2,17	122,40	Niedziela, 7 czerwca 2015	2,17	117,42
Sobota, 6 czerwca 2015	1,26	120,23	Sobota, 6 czerwca 2015	1,26	115,25
Piątek, 5 czerwca 2015	1,80	118,97	Piątek, 5 czerwca 2015	1,80	113,99
Czwartek, 4 czerwca 2015	3,50	117,17	Czwartek, 4 czerwca 2015	3,50	112,19
Środa, 3 czerwca 2015	3,59	113,67	Środa, 3 czerwca 2015	3,59	108,69
Wtorek, 2 czerwca 2015	2,38	110,08	Wtorek, 2 czerwca 2015	2,38	105,10
Poniedziałek, 1 czerwca 2015	1,28	107,70	Poniedziałek, 1 czerwca 2015	1,28	102,72
Niedziela, 31 maja 2015	2,59	106,42	Niedziela, 31 maja 2015	2,59	101,44
Sobota, 30 maja 2015	2,15	103,73	Sobota, 30 maja 2015	2,15	98,75
Piątek, 29 maja 2015	2,05	101,58	Piątek, 29 maja 2015	2,05	96,60
Czwartek, 28 maja 2015	1,02	99,53	Czwartek, 28 maja 2015	1,02	94,55
Środa, 27 maja 2015	4,33	98,51	Środa, 27 maja 2015	4,33	93,53
Wtorek, 26 maja 2015	4,53	94,18	Wtorek, 26 maja 2015	4,53	89,20
Poniedziałek, 25 maja 2015	9,21	89,65	Poniedziałek, 25 maja 2015	9,21	84,67
Niedziela, 24 maja 2015	6,27	86,44	Niedziela, 24 maja 2015	2,35	75,46
Sobota, 23 maja 2015	1,59	74,17	Sobota, 23 maja 2015	1,09	73,41
Piątek, 22 maja 2015	9,98	72,58	Piątek, 22 maja 2015	9,52	72,32
Czwartek, 21 maja 2015	7,57	62,70	Czwartek, 21 maja 2015	7,57	62,70
Środa, 20 maja 2015	7,57	55,13	Środa, 20 maja 2015	7,57	55,13
Wtorek, 19 maja 2015	1,73	47,46	Wtorek, 19 maja 2015	1,73	47,46
Poniedziałek, 18 maja 2015	2,17	45,73	Poniedziałek, 18 maja 2015	2,17	45,73
Niedziela, 17 maja 2015	0,53	42,56	Niedziela, 17 maja 2015	0,53	43,56
Sobota, 16 maja 2015	1,94	42,03	Sobota, 16 maja 2015	1,94	43,03
Piątek, 15 maja 2015	2,41	41,09	Piątek, 15 maja 2015	2,41	41,09
Czwartek, 14 maja 2015	3,49	38,68	Czwartek, 14 maja 2015	3,49	38,68
Środa, 13 maja 2015	2,29	35,19	Środa, 13 maja 2015	2,29	35,19
Wtorek, 12 maja 2015	2,47	32,90	Wtorek, 12 maja 2015	2,47	32,90
Poniedziałek, 11 maja 2015	0,39	30,43	Poniedziałek, 11 maja 2015	0,39	30,43
Niedziela, 10 maja 2015	1,26	30,04	Niedziela, 10 maja 2015	1,26	30,04
Sobota, 9 maja 2015	2,54	28,78	Sobota, 9 maja 2015	2,54	26,78
Piątek, 8 maja 2015	2,22	26,14	Piątek, 8 maja 2015	2,22	26,14
Czwartek, 7 maja 2015	9,16	23,92	Czwartek, 7 maja 2015	9,16	23,92
Środa, 6 maja 2015	6,95	14,76	Środa, 6 maja 2015	6,95	14,76
Wtorek, 5 maja 2015	7,91	7,81	Wtorek, 5 maja 2015	7,91	7,81

Rys. 5. Wyniki pracy modelu „Prognoza negatywna”, tabele wartości dobowych i kumulowanych ryzyka: a) dla danych skorygowanych; b) dla danych oryginalnych. Oznaczenia: 1 – wartości dobowe ryzyka, 2 – wartości kumulowane ryzyka, 3 – zalecenie pierwszego zabiegu (dane skorygowane), 4 – data przekroczenia progu kumulowanych wartości ryzyka (130), 5 – data przekroczenia progu dobowych wartości ryzyka i zalecenie pierwszego zabiegu (dane oryginalne)

Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu „Prognoza negatywna”, 2015 (67)

Zaraza ziemniaka jest groźną chorobą ziemniaka, której sprawcą jest grzyb *Phytophthora infestans* (6, 25, 61). W Polsce szkodliwość tej choroby jest duża ze względu na warunki klimatyczne sprzyjające rozwojowi grzyba (40), a także dużą liczbę gospodarstw (750 tys.) uprawiających ziemniaki (61). Straty plonu spowodowane chorobą wahają się od 2% do powyżej 20% w latach silnych epifitoz, do których dochodzi mniej więcej raz na 4 lata. Typ A1 patogenu rozmnaża się bezpłciowo, produkując zarodniki zwane sporami. Zarodniki te przenoszą się na inne rośliny z wiatrem i kiełkują na wilgotnych liściach i łodygach (infekcja liści i łodyg) lub są splukiwane przez deszcz do gleby (infekcja bulw). Zarodniki, które nie trafią na żywiciela, szybko giną. Rozmnażanie płciowe jest możliwe tylko z udziałem dwóch typów kojarzeniowych. W Polsce występowanie drugiego typu (A2) stwierdzono po raz pierwszy w 1988 r., a jego populacja stale wzrasta.

Naczelną zasadą w ochronie przed zarazą ziemniaka jest likwidacja źródeł infekcji: wysadzanie zdrowych sadzeniaków, staranne sortowanie, niszczenie bulw odrzuconych. Wyczerpujący opis zapobiegania chorobie podany jest np. w pracy Kapsy „Nowe podejście do zwalczania zarazy ziemniaka” (34).

Podczas wegetacji zaleca się stosowanie modeli prognostycznych do określenia ryzyka wystąpienia choroby, wyznaczenia daty pierwszego zabiegu i okresów pomiędzy kolejnymi zabiegami ochronnymi oraz koniecznej liczby zabiegów (34, 35, 66). We wszystkich opracowanych dotychczas modelach zarazy ziemniaka wykorzystano silne sprzężenie rozwoju grzyba z warunkami pogodowymi. Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie danych pogodowych w celu określenia okresów wysokiego ryzyka (ale nie rzeczywistej infekcji). Skuteczne zabiegi ochrony redukują chorobę na początku sezonu albo zmniejszają tempo jej rozwoju.

W IUNG-PIB od 2003 r. na stronach „Internetowego systemu wspomagania decyzji dla integrowanej ochrony roślin” (28) dostępny jest model „Prognoza negatywna” (67); w celu jego uruchomienia należy kliknąć na opcję „Negatywna prognoza – termin wykonania pierwszego zabiegu”. Ustala on datę pierwszego zabiegu ochronnego przeciw zarazie ziemniaka na podstawie temperatury i wilgotności względnej powietrza. Model oblicza dobowe i kumulowane wartości ryzyka, poczynając od wschodów ziemniaka. Dopóki nie nastąpi przekroczenie ustalonych progów kumulowanego ryzyka (130 punktów) i dobowego ryzyka (7 punktów), zabieg ochronny nie jest zalecany. W dniu przekroczenia progów model zaleca przeprowadzenie zabiegu ochronnego. Stąd też nazwa „prognoza negatywna”, ponieważ jest ona stale negatywna, aż do pierwszej prognozy pozytywnej, która kończy pracę modelu. Dokładny opis działania i obsługi aplikacji „Prognoza negatywna” podano w „Kursie e-learningowym” (47) zamieszczonym na stronach portalu „Systemu doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej” IUNG-PIB.

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki wygenerowane przez „Prognozę negatywną” dla danych ze stacji agrometeorologicznej w Puławach w 2015 r. Stacja ta należy do sieci stacji automatycznych IUNG-PIB w Puławach. Wygenerowane wyniki prezentowane są w tabeli o trzech kolumnach: data, dobowe wartości ryzyka – 1 i kumulowane wartości ryzyka – 2. Na rysunku 5 zestawiono obok siebie dwie tabele z wynikami w celu wyeksponowania wpływu jakości danych na jakość generowanych zaleceń. Tabela oznaczona a) dotyczy danych o lepszej jakości. Wykorzystany do wygenerowania tego zalecenia zestaw danych pogodowych został sprawdzony i uzupełniony (ręcznie uzupełniono brakujące dane). W tabeli b) podane są wyniki wygenerowane na podstawie oryginalnych danych pochodzących ze stacji, w których brakowało po 50 wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz 56 wartości opadów. Z porównania tych dwóch tabel wynika pojawienie się 6-dniowego opóźnienia zalecenia w przypadku braków danych. Model nie oblicza wartości ryzyka, jeżeli brakuje danych z określonej godziny, co pomniejsza dobową sumę ryzyka. W przypadku niewielkiej liczby brakujących danych nie mają one wielkiego

wpływu na ostateczny wynik zalecenia, jednak duża ich liczba może prowadzić do wyraźnie błędnych zaleceń. Zabieg ochronny wykonany zgodnie z takim błędnym zaleceniem (np. o 6 dni za późno) będzie już mało skuteczny. Problemem tym zajmowała się Nieróbca (56), która podaje, że dla jakości zaleceń modelu „Prognoza negatywna” najistotniejsza jest dokładność pomiarów wilgotności względnej powietrza. Z porównania dwóch czujników, nowego i zużytego (z błędem pomiarowym -5%), wynikało, że opóźnienie zalecanej daty pierwszego zabiegu może dochodzić nawet do 17 dni. Niewielkie odchyłki obserwacji ($1-5\%$) mogą powodować opóźnienie zalecanej daty pierwszego zabiegu ochronnego o 1–13 dni (80). Odchyłka do $\pm 3\%$ mieści się np. w granicach tolerancji czujnika wilgotności używanego w stacjach agrometeorologicznych IUNG-PIB, a więc w praktyce występuje często. Z badań symulacyjnych przeprowadzonych przez Zaliwskiego i Nieróbcę (81) wynika, że obserwacje obarczone błędem w granicy tolerancji pomiarowej czujnika (-2 i -3%) mogą opóźnić zalecenie daty pierwszego zabiegu ochronnego odpowiednio o 8 i 11 dni. Groźne w skutkach są tylko błędy zaniżające wartości wilgotności względnej w stosunku do rzeczywistych. Prowadzą bowiem do opóźnienia zalecanej daty zabiegu, umożliwiając niekontrolowany rozwój zarazy ziemniaka. Zawyżenie wartości wilgotności odwrotnie, przyspiesza zalecenie, czego ujemnym skutkiem może być co prawda zwiększenie liczby zabiegów ochronnych o jeden lub dwa, ale nie pozostawia plantacji bez ochrony w krytycznym okresie. Należy podkreślić, że podane błędy w zaleceniach, choć wydają się niepokojące, w praktyce występują w miarę rzadko, dotyczą bowiem ekstremalnej kumulacji błędów pomiarowych. Oprócz tego tzw. próg wysokiej wilgotności (po przekroczeniu którego model zwiększa czułość, obliczając wyższe ryzyko) w polskiej wersji modelu został obniżony z 90% do 87%, co kompensuje błędy zaleceń wynikające z tolerancji pomiarowej czujnika. Ponadto próg dla dobowych wartości ryzyka zmniejszono z 8 (dla modelu w wersji oryginalnej) do 7 punktów, a próg dla kumulowanych wartości ryzyka ze 150 do 130 punktów. Zmiany tych parametrów w polskiej wersji modelu wydają się być wystarczającym zabezpieczeniem przed błędami w danych pogodowych. Dla uzupełnienia należy dodać, że błędy pomiarowe temperatury mają tylko nieznaczny wpływ na zalecenia. Przyczyną tego jest przede wszystkim znacznie węższy zakres tolerancji pomiarowej czujnika temperatury ($\pm 0,1^\circ\text{C}$). Z wykonanej analizy wynika, że wśród danych z 27 stacji agrometeorologicznych IUNG-PIB w sezonie 2014 r. ani razu nie wystąpiła obserwacja mogąca mieć wpływ na jakość zaleceń przy założeniu zakresu tolerancji pomiarowej wynoszącym $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Niemniej braki danych oraz błędy pomiarowe spowodowane różnymi czynnikami występują. Wysoka jakość danych musi być więc jednym z priorytetów przy wdrażaniu systemów wspomagania decyzji.

System wspomagania decyzji NegFry online

System wspomagania decyzji NegFry powstał w Duńskim Instytucie Nauk Rolniczych (ang. *Danish Institute of Agricultural Sciences – DIAS*, obecnie wchłoniętym

przez Aarhus University) w latach 1992–1993 (23). Wykorzystuje on model niemiecki o nazwie „Negative Prognosis” oraz model opracowany przez Fry’a i in. (22). NegFry testowano w ok. 80-ciu doświadczeniach polowych w warunkach Danii, Norwegii i Szwecji w 1994 r. Parametry modeli zostały skorygowane do warunków skandynawskich. Użycie systemu pozwala w przeciętnych warunkach uzyskać dostateczną ochronę mimo zmniejszenia liczby zabiegów o 50% w porównaniu z ochroną tradycyjną. Taka oszczędność jest możliwa przede wszystkim dzięki opóźnieniu pierwszego zabiegu, a także na skutek wydłużenia okresów między następnymi zabiegami. Dane wprowadzane do systemu to godzinowe dane pogodowe (temperatura, wilgotność względna i suma opadów), poczynając od daty wschodów do zakończenia ochrony (ok. 90 dni) oraz dane polowe (data wschodów, odmiana ziemniaka, podatność, informacje odnośnie nawadniania plantacji). Zalecenie dotyczące daty pierwszego zabiegu ochronnego jest generowane przez model „Prognoza negatywna” (zgodnie z opisem podanym w poprzednim rozdziale). Zalecenia odnośnie okresów pomiędzy następnymi zabiegami są generowane przez model wykorzystujący metodę Fry’a (opracowaną w 1983 roku). Określenie zaleceń jest oparte na epidemiologii zarazy ziemniaka (temperatura, liczba godzin o wysokiej wilgotności względnej, a także odporność odmiany) oraz ocenie splukiwania fungicydu przez deszcz. Kolejne zabiegi ustalane są przez model Fry’a na podstawie sumy tzw. jednostek zarazowych (ang. *blight units*) obliczanych w cyklu dobowym. Po przekroczeniu określonego progu zalecany jest zabieg ochronny i następuje wyzerowanie obliczeń – naliczanie zaczyna się od początku. W miarę szczegółowy opis SWD NegFry podany został przez Zaliwskiego i Kozyrę (79) na stronach portalu „Systemu doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej” IUNG-PIB.

Przydatność systemu NegFry w warunkach Polski została sprawdzona w 1997 r. w doświadczeniach mikropoletkowych (74). W 2001 r. podjęto prace nad wprowadzeniem systemu w Polsce w ramach międzynarodowej współpracy z naukowcami duńskimi (36). Z polskiej strony w pracach uczestniczyły m.in. instytuty naukowe: IUNG, IOR, IHAR i IMGW. Wstępne doświadczenia na polach produkcyjnych przeprowadzone w 2001 r. w Boninie i Raduszcze potwierdziły przydatność NegFry do prognozowania daty pierwszego i kolejnych zabiegów ochronnych przeciw zarazie ziemniaka w warunkach polskich. Zastosowanie systemu pozwoliło zmniejszyć liczbę zabiegów o 1–2 w porównaniu z intensywną ochroną rutynową. Zmniejszenie liczby zabiegów fungicydowych nie wpłynęło ujemnie na skuteczność ochrony.

Rysak (70) donosi natomiast o pomyślnym, praktycznym zastosowaniu systemu NegFry w Polsce w województwie lubelskim. W pierwszym okresie wdrażania systemu w latach 2001–2002 prowadzono ochronę na 8 niewielkich plantacjach o łącznej powierzchni 5,8 ha w miejscowości Osiny k. Puław w 3 gospodarstwach indywidualnych. W latach 2003–2006 z użyciem programu NegFry 2002 (ostatnia, najnowocześniejsza wersja systemu dla komputerów PC, jaka powstała) przeprowadzono ogółem 54 wdrożenia na łącznej powierzchni 50,8 ha w rejonie Lublina, a w 2008 r. do wdrożeń wykorzystano 13 plantacji o łącznej powierzchni 8,05 ha.

Badania wykazały przydatność SWD NegFry 2002 w praktyce rolniczej. Istotną przeszkodą w jego szerszym upowszechnieniu była trudność w pozyskiwaniu danych, ponieważ większość rolników nie miała dostępu do Internetu. Rolnicy posiadający dostęp do Internetu wykorzystywali model „Prognoza negatywna” na stronie internetowej IUNG (67).

W 2015 r. w IUNG-PIB, wykorzystując kod źródłowy programu NegFry 2002 dla PC napisany przez programistę duńskiego Poula Lassena w 2003 r. (42), opracowano aplikację internetową NegFry online (rys. 6). Jest ona częścią składową Serwisu Administracji portalu IPO (78). W związku z tym dostęp do aplikacji wymaga posiadania konta w Serwisie.

NegFry online - stacje

Wybierz miejscowość z mapy lub pola wyboru.

Pulawy
▼



Rys. 6. Aplikacja NegFry online, strona Stacje

Źródło: opracowanie własne

Opracowując aplikację starano się zachować funkcjonalność programu dla komputerów PC, dodając jednocześnie ułatwienia, takie np. jak wygodny interfejs umożliwiający zmianę stacji agrometeorologicznej (wybór z mapy wg rys. 6). Bezsprzeczną wadą aplikacji jest brak możliwości wykorzystania lokalnych danych dla całej przestrzeni kraju, ponieważ uwzględnia ona tylko 27 stacji agrometeorologicznych. Jak podaje Solarska (72), dane pogodowe ze stacji wykorzystywane do prognozowania rozwoju grzyba *Peronospora humuli* na chmielu stanowią podstawę do sygnalizacji zabiegów na plantacjach położonych w promieniu do 5 km. Może to być wskazówką, że pełna personalizacja informacji w NegFry online wymagałaby pokrycia kraju siecią stacji o rozdzielczości ok. 10 x 10 km, czyli użycia ok. 3000 stacji. Ograniczając stacje

tylko do rejonów uprawy ziemniaka, liczba ta byłaby z pewnością mniejsza, nie należy jednak sądzić, że wyniosłaby mniej niż kilkaset. Problem interpolacji danych pogodowych do siatki 10 x 10 km widnieje jako jedno z zadań badawczych we wspólnym projekcie duńsko-polskim zgłoszonym do finansowania przez Ministerstwo Rolnictwa Danii w 2000 r. (68), jednakże zadanie to zostało rozwiązane inaczej. Interpolację wykonywała „w locie” procedura dołączona do modelu „Prognoza negatywna”. Wystarczyło kliknięcie na dowolny punkt na mapie w granicach Polski.

Aplikacja NegFry online wyświetla wyniki w tabeli skonstruowanej na podobieństwo tabeli w modelu „Prognoza negatywna” (rys. 5), ale posiadającej więcej kolumn, tak by pomieścić dodatkowo informacje pochodzące z modelu Fry’a: sumę opadów, kumulowaną sumę opadów, jednostki zarazowe, zabiegi ochronne i nawadnianie (rys. 7). Podobnie jak program NegFry 2002 dla komputerów PC (53), aplikacja generuje wykresy ryzyka oraz infekcji, a więc posiada niemal pełną funkcjonalność tego programu. Jej ograniczeniem jest to, że nie interpoluje brakujących danych pogodowych ze stacji. W razie napotkania braków w danych wyświetla ich listę. W sumie ograniczenie to jest pozorne, bowiem przeglądanie i uzupełnianie danych powinno być prowadzone przez administratorów „Internetowego systemu wspomagania decyzji dla integrowanej ochrony roślin” (28).

a)

NegFry online - wyniki



Czas pozostały do końca sesji: 07:55

Pola Stacje Nawadnianie/Fungicyd Parametry Oblicz Tabela ryzyka Wykres ryzyka Wykres infekcji Pomoc

Aktualnie wybrane pole: Puławy 2015 (nr 14), stacja: Puławy, data wschodów ziemniaka: wtorek, 5 maja 2015

Wyniki prognozy NegFry w okresie od wtorku, 5 maja 2015 do poniedziałku, 13 lipca 2015

Pierwszy zabieg należy wykonać w dniu, w którym kumulowane wartości ryzyka przekroczą poziom 130 punktów i dzienna wartość ryzyka wyniesie powyżej 7 punktów (pomarańczowe tło wiersza). Zielonym tłem oznaczono dzień, w którym kumulowane wartości ryzyka przekroczyły poziom 130 punktów.

Data	Dobowe wartości ryzyka	Kumulowane wartości ryzyka	Suma opadów	Kumulowana suma opadów	Jednostki zarazowe	Zabieg ochronny	Deszczowanie
Poniedziałek, 13 lipca 2015	7,98	268,00	10,1	0,0	0		
Niedziela, 12 lipca 2015	1,77	260,02	0,0	49,3	35		
Sobota, 11 lipca 2015	3,39	258,25	0,0	49,3	35		
Piątek, 10 lipca 2015	1,26	254,87	0,0	49,3	35		
Czwartek, 9 lipca 2015	2,40	253,61	0,2	49,3	35		
Środa, 8 lipca 2015	1,82	251,20	3,6	49,1	35		
Wtorek, 7 lipca 2015	3,66	249,39	0,0	45,5	35		

b)

Czwartek, 11 czerwca 2015	5,73	139,33	0,0	10,4	5		
Środa, 10 czerwca 2015	2,36	133,60	0,0	10,4	0		
Wtorek, 9 czerwca 2015	7,04	131,24	10,4	10,4	0		
Poniedziałek, 8 czerwca 2015	3,88	124,20	0,0	0,0	0		
Niedziela, 7 czerwca 2015	2,17	120,32	0,0	0,0	0		
Sobota, 6 czerwca 2015	1,26	118,15	0,0	0,0	0		
Piątek, 5 czerwca 2015	1,80	116,90	0,0	0,0	0		
Czwartek, 4 czerwca 2015	3,50	115,10	0,0	0,0	0		
Środa, 3 czerwca 2015	3,59	111,60	0,1	0,0	0		
Wtorek, 2 czerwca 2015	2,38	108,01	0,0	0,0	0		

Rys. 7. NegFry online, strona Wyniki: a) model Fry’a, b) model „Prognoza negatywna”.

Oznaczenia: 1 – zalecenie pierwszego zabiegu, 2 – zalecenie kolejnego (drugiego) zabiegu

Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji "NegFry online"

NegFry online został przetestowany przez porównanie wyników generowanych dla tych samych zestawów danych przez model „Prognoza negatywna” (67) oraz program NegFry 2002.

Modele, które wykorzystuje program NegFry mają obecnie już długą historię. Nærstad i in. (52) donoszą o pracach mających na celu opracowanie następcy NegFry’a. Nowy model będzie prognozował ryzyko rozwoju zarodników oraz ryzyko ich uwalniania, przeżywania i infekcji. Zaletą modelu jest większa dokładność, a wadą zwiększone wymagania dotyczące liczby i jakości danych, np. konieczny jest pomiar czasu zwilżenia liści na roślinach ziemniaka.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono problemy związane z wdrażaniem rolniczych systemów wspomagania decyzji na świecie na tle potrzeb dotyczących wiedzy wykorzystywanej w produkcji rolniczej. Należy stwierdzić, że choć istnieją różnice w wiedzy rolniczej odnośnie treści, spowodowane odmiennymi warunkami lokalnymi, to wszędzie jest ona niezwykle różnorodna pod względem dziedzin naukowych i dziedzin działalności praktycznej, które obejmuje. Niektórzy autorzy podkreślają, że systemy wspomagania decyzji powinny odzwierciedlać zarówno różnorodność tej wiedzy, jak i uwzględniać różnice lokalne. O ile z drugim postulatem należy się bezsprzecznie zgodzić (wiedza pozyskiwana z SWD musi być spersonalizowana), to jednak Autor nie uważa, że jeden SWD musi serwować całość wiedzy niezbędnej do prowadzenia gospodarstwa. Raczej powinien skupiać się na najtrudniejszych problemach, takich np. jak zalecenia dotyczące zabiegów ochrony ziemniaka przed zarazą ziemniaka.

Ogólnie wykorzystanie SWD rolniczych we wszystkich krajach świata nie jest duże, a główną przyczyną tego stanu rzeczy wydają się być po prostu dotychczasowe przyzwyczajenia w pozyskiwaniu informacji decyzyjnej. Ciekawym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie telefonii komórkowej do dostarczenia informacji. Nie wszyscy bowiem rolnicy posiadają komputer, ale raczej trudno dziś spotkać takiego, który nie korzysta z telefonu komórkowego. Jest to z pewnością przykład jak można rozwiązać problem z obsługą sprzętu komputerowego.

Zresztą, nie wszystko od razu się przyjęło, jak np. mechanizacja rolnictwa. Śledząc gwałtowny rozwój SWD w innych dziedzinach, zwłaszcza w biznesie (ang. *business intelligence*), można jednak nabrać przekonania, że choćby ze znacznym opóźnieniem, to samo stanie się w sektorze rolnym. A jedną z przyczyn jest sama złożoność integrowanej produkcji rolniczej. Do jej prawidłowego wdrażania potrzeba będzie coraz więcej spersonalizowanej informacji decyzyjnej odpowiednio przetworzonej do możliwości odbioru użytkowników i o wysokiej jakości. Dlatego nie należy zaprzestawać prac badawczych nad tym tematem, ale wprost przeciwnie, zwiększać należy wysiłki, bowiem można oczekiwać, że sukces dopiero przyjdzie.

Literatura

1. AgroClimate. Southeast Climate Extension. <http://www.agroclimate.org>. Dostęp 27.07.2015.
2. Alvarez J., Nuthall P.: Adoption of computer based information systems The case of dairy farmers in Canterbury, NZ, and Florida, Uruguay. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2006, **50**: 48-60.
3. Baquet A., Hambleton R., Jose D.: Introduction to Risk Management. U.S. Department of Agriculture, Risk Management Agency, 1997.
4. Boller E.F., Avilla J., Gendrier J.P., Jøerg E., Malavolta C. (eds): Integrated Production in Europe: 20 years after the declaration of Ovranaz. IOBC/WPRS Bulletin, 1998, **21(1)**. https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/04011_IOBC_Ovrannaz.pdf. Dostęp 17.07.2015.
5. Boller E.F., Avilla J., Jøerg E., Malavolta C., Wijnands F.G., Esbjerg P. (eds): Integrated Production Principles and Technical Guidelines. 3rd Edition. IOBC/WPRS Bulletin, 2004, **27(2)**. https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/iobc_bas.pdf. Dostęp 17.07.2015.
6. Borecki Z.: Nauka o chorobach roślin. PWRiL, Warszawa 1996.
7. Bouma E.: Computer aids for plant protection, historical perspective and future developments. *Bulletin OEPP/EPPO*, 2007, **37**: 247-254.
8. Borusiewicz A., Kapela K.: Ocena wykorzystania technologii IT w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji mleka na terenie powiatu kolneńskiego w woj. podlaskim. *Inżynieria Rolnicza*, 2012, **2(137)**: 7-16.
9. Burgin M.: Theory of Information. Fundamentality, Diversity and Unification. World Scientific Publishing, Singapore 2010.
10. Cox P.G.: Some issues in the design of agricultural decision support systems. *Agricultural Systems*, 1996, **52(2/3)**: 355-381.
11. Cupiał M.: Potrzeby informacyjne gospodarstw rolnych Małopolski. *Inżynieria Rolnicza*, 2006, **2(77)**: 185-190.
12. Cupiał M.: Zapotrzebowanie na programy komputerowe w rolnictwie na przykładzie gospodarstw województwa małopolskiego. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, **9(107)**: 55-60.
13. Cupiał M.: Wykorzystanie źródeł informacji w gospodarstwach rolniczych Małopolski o różnym kierunku produkcji. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, **4(122)**: 37-42.
14. Cupiał M., Kobuszewski M.: Optymalizacja wyposażenia technicznego wybranych gospodarstw przy pomocy programu OTR-7. *Inżynieria Rolnicza*, 2011, **8(133)**: 69-74.
15. Falińska K.: Ekologia roślin. PWN, Warszawa 2004.
16. Francik S.: Analiza wykorzystania przez rolników programów komputerowych do wspomagania decyzji. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, **7(125)**: 47-54.
17. Fraisse C.W., Andreis J.H., Pavan W.: AgroClimate Decision Support System: From Web-based Solutions to Mobile Apps. EFITA 2013 Conference "Sustainable Agriculture through ICT Innovation", Turin, Italy, 24-27 June 2013.
18. Fraisse C.W., Breuer N., Zierden D., Bellow J.G., Paz J.O., Cabrera V., Garcia y Garcia A., Ingram K., Hatch U., Hoogenboom G., Jones J.W., O'Brien J.: AgClimate: a climate forecast information system for agricultural risk management in the southeastern USA. *Comput. Electron. Agr.*, 2006, **53(1)**: 13-27.
19. Francis C.A.: Advances in the design of resource-efficient cropping systems. In: *Cropping systems: trends and advances*, A. Shrestha (ed). Food Products Press, Binghamton NY, USA, 2003, pp. 15-32.

20. Gelb E.: The EFITA ICT Adoption Questionnaire – 1999-2011 Priority Indicators for the Future. Hebrew University, Center for Agricultural Economic Research. <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-table.html>. Dostęp 08.07.2015.
21. Gębska M., Filipiak T.: Podstawy ekonomiki i organizacji gospodarstw rolniczych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2006. ISBN 83-7244-756-X.
22. Hansen J.G.: NegFry 99. A decision support system for scheduling the chemical control of potato late blight. User Manual. Danish Institute of Agricultural Sciences, Dept. of Agricultural Systems, Research Centre Foulum, 8830 Tjele, Denmark, 1999.
23. Hansen J.G., Andersson B., Hermansen A.: NEGFY – A system for scheduling chemical control of late blight in potatoes. In: Proceedings “PHYTOPHTHORA 150 Sesquicentennial Scientific Conference”, L.J. Dowley, E. Bannon, L.R. Cooke, T. Keane, E. O’Sullivan (eds). 10-16 September 1995, Dublin, Ireland, Boole Press Ltd., pp. 201-208.
24. Harwood J., Heifner R., Coble K., Perry J., Somwaru A.: Managing Risk in Farming: Concepts, Research, and Analysis. Market and Trade Economics Division and Resource Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 774, 1999.
25. Häni F., Popow G., Reinhard H., Schwarz A., Tanner K., Vorlet M.: Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej. PWRiL, Warszawa, 1998.
26. Hochman Z., Carberry P.S.: Emerging consensus on desirable characteristics of tools to support farmers’ management of climate risk in Australia. *Agr. Systems*, 2011, **104**: 441-450.
27. Iddings R.K., Apps J.W.: What influences farmers’ computer use? *Journal of Extension*, Spring 1990, **28(1)**.
28. IPM DSS. Internetowy system wspomagający podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin. IUNG-PIB, Puławy 2014. www.ipm.iung.pulawy.pl. Dostęp 08.07.2015.
29. Jensen A.L., Boll P.S., Thysen I., Pathak B.K.: Pl@nteInfo® - a web-based system for personalised decision support in crop management. *Comput. Electron. Agr.*, 2000, **25**: 271-293.
30. Jensen A.L., Thysen I.: Agricultural Information and Decision Support by SMS. Proceedings of the “EFITA 2003 Conference”, pp. 286-292. 5-9 July 2003, Debrecen, Hungary. <http://www.efita.net>. Dostęp 08.07.2015.
31. Jensen A.L., Thysen I., Boll P.S., Hansen J.G., Secher B.J.M., Juhl O.: Pl@nteInfo – using the Internet for custom tailored crop information. Proceedings of the First European Conference for Information Technology in Agriculture, Copenhagen, 15–18 June, 1997. <http://www.efita.net>. Dostęp 08.07.2015.
32. Jørgensen L.N., Noe E., Langvad A.M., Jensen J.E., Ørum J.E., Rydahl P.: Decision support systems: barriers and farmers’ need for support. *Bulletin OEPP/EPPO*, 2007, **37**: 374-377.
33. Jørgensen L.N., Noe E., Nielsen G.C., Jensen J.E., Ørum J.E., Pinnschmidt H.O.: Problems with disseminating information on disease control in wheat and barley to farmers. *Eur. J. Plant Pathol.*, 2008, **121**: 303-312.
34. Kapsa J.: Nowe podejście do zwalczania zarazy ziemniaka. *Ziemniak Polski*, 2008, **(2)**: 39-44.
35. Kapsa J., Bernat E., Kasprzak M.: Przydatność systemu decyzyjnego NegFry w ochronie ziemniaka przed zarazą w różnych warunkach meteorologicznych. *Biuletyn IHAR*, 2007, t. 28, **(2)**: 177-186.
36. Kapsa J., Osowski J.: Wprowadzanie i ocena systemu decyzyjnego NegFry w strategii ochrony przed zarazą ziemniaka w warunkach polskich. *Biuletyn IHAR*, 2002, t. 27, **2(223/224)**: 351-360.

37. Kocira S., Lorencowicz E.: Wykorzystanie komputerów w wybranych gospodarstwach rodzinnych Lubelszczyzny. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, **7(105)**: 109-115.
38. Korbas M., Mrówczyński M.: *Metodyka integrowanej produkcji pszenicy ozimej i jarej*. Wydanie drugie zmienione. PRIORiN, Warszawa 2014.
39. Kozłowski R.J., Weres J.: Komputerowe systemy wspomaganie decyzji w zarządzaniu gospodarstwem rolniczym. W: *Współczesna inżynieria rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania*, R. Hołownicki, M. Kuboń (red.). PTIR, Kraków 2013, t. 3.
40. Kryczyński S. (Red): *Choroby roślin w uprawach rolniczych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
41. Kuboń M.: Poziom wyposażenia i wykorzystania elementów infrastruktury informatycznej w gospodarstwach o różnym typie produkcji rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 2007, **9(97)**: 95-102.
42. Lassen P.: C++ source code of NegFry2002.exe program. Danish Institute of Agricultural Sciences, 2003.
43. Magarey R.D., Travis J.W., Russo J.M., Seem R.C., Magarey P.A.: Decision support systems: quenching the thirst. *Plant Disease*, 2002, **86**: 4-14.
44. Manos B.D., Ciani A., Bournaris T., Vassiliadou I., Papathanasiou J.: A taxonomy survey of decision support systems in agriculture. *Agr. Econ. Rev.*, 2004, **5(2)**: 80-94.
45. Matyka M.: Ryzyko jako element produkcji rolniczej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2012, **29(3)**: 157-163.
46. Mavi H.S., Tupper G.J.: *Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture*. Food Products Press, New York, 2004.
47. Mazur A.D.: Kurs e-lerningowy modelu Negatywna Prognoza. System doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. IUNG-PIB, Puławy 2013. www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ior/negprogcourse.html. Dostęp 09.07.2015.
48. McCown R.L.: Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agr. Systems*, 2002, **74**: 179-220.
49. McCown R.L., Hochman Z., Carberry P.S.: Probing the enigma of the decision support system for farmers: Learning from experience and from theory. *Agr. Systems*, 2002, **74**: 1-10.
50. Mrówczyński M., Pruszyński S. (red): *Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego*. IOR, Poznań 2008.
51. Musser W.N., Patrick G.F.: How much does risk really matter to farmers? In: *A comprehensive assessment of the role of risk in U.S. Agriculture*, R.E. Just, R.D. Pope (eds). Springer Science+Business Media, LLC, New York, 2002.
52. Nærstad R., Le V.H., Hermansen A., Hannukkala A., Nielsen B.J., Hansen J.G., Grönberg L., Anderson B., Yuen J.: Improvement of potato late blight forecasting. *Proceedings of the Eleventh EuroBlight workshop*, Hamar, Norway, 28-31 October 2008, pp. 103-105.
53. NegFry 2002. Program komputerowy dla komputerów PC. Duński Instytut Nauk Rolniczych, Foulum, 2003.
54. Newman S., Lynch T., Plummer A.A.: Success and failure of decision support systems: Learning as we go. *J. Animal Sci.*, 2000, **77**: 1-12.
55. Nguyen N.C., Wegener M., Russell I.: Decision support systems in Australian agriculture: state of the art and future development. *Proceedings of the "International Association of Agricultural Economists Conference"*, Gold Coast, Queensland, Australia, August 12-18, 2006. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/25581/1/cp060198.pdf>. Dostęp 09.07.2015.
56. Nieróbcia A.: Znaczenie jakości danych meteorologicznych w systemach wspomaganie decyzji w ochronie roślin. Referat wygłoszony na 54. Sesji Naukowej IOR-PIB w Poznaniu, 6-7 lutego 2014.

57. Nieróbca A., Zaliwski A.S.: Expert systems as a tool for decision support in integrated pest management. *Inżynieria Rolnicza*, 2014, **4(152)**: 185-193.
58. Nieróbca A., Zaliwski A.S.: Informacja i wiedza w rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014, **38(12)**: 9-28.
59. Norris R.F., Caswell-Chen E.P., Kogan M.: *Concepts in Integrated Pest Management*. Prentice Hall. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ, USA, 2003.
60. Nosecka B., Pawlak K.: Czynniki konkurencyjności polskiego rolnictwa na tle Unii Europejskiej. W: *Analiza uwarunkowań i wyzwań rozwoju sektora rolno-żywnościowego w Polsce na tle tendencji światowych (Synteza)*, A. Kowalski, R. Grochowska, B. Nosecka (red). IERiGŻ-PIB, Warszawa 2014, s. 64-90.
61. Nowacki W. (red): *Metodyka integrowanej produkcji ziemniaka*. Wydanie III zmienione. PIORIN, Warszawa 2014.
62. Öhlmer B.: The need and design of computerized farm management tools. Lessons learned from a Swedish case. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2007. <http://pub.epsilon.slu.se/3027/1/OhlmerBookChapterWP07-5Original.pdf>. Dostęp 07.07.2015.
63. Parker C.G., Champion S.: Improving the uptake of decision support systems in agriculture. In: *Proceedings First European Conference for Information Technology in Agriculture (EFITA)*, H. Kure, I. Thysen, A.R. Kristensen (eds). Copenhagen, 15–18 June, 1997, pp. 129-134.
64. PIORiN. Integrowana produkcja roślin. PIORiN, Warszawa. <http://piorin.gov.pl/integrowana-produkcja>. Dostęp 17.07.2015.
65. Piwowar A.: Transfer wiedzy w zakresie nowych nawozów mineralnych. *Studia i materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*. Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą, Bydgoszcz, 2008, s. 44-50.
66. Pliachniwicz M.P.: Modern methods of potato late blight disease forecasting. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Agrarian Sciences Series*, **2006(5)**: 138-140 (*in Russian*). <http://vesti.belar.by/vesti/pdf/20060540.pdf>. Dostęp 13.07.2015.
67. Prognoza negatywna. Prognoza negatywna wystąpienia zarazy ziemniaka. <http://www.ipm.iung.pulawy.pl/NegProg/NegProg.asp>. IUNG-PIB, Puławy, 2015. Dostęp 07.07.2015.
68. Project DIAS. Development and Implementation of an Internet based Decision Support System for Integrated Pest Management in Poland. Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Foulum, Denmark, 2000.
69. Röhrig M.: www.isip.de – online plant protection information in Germany. *Bulletin OEPP/EPPO*, 2007, **37**: 350-352.
70. Ryśak W.: Praktyczne zastosowanie systemu wspomaganie decyzji w ochronie ziemniaka na terenie woj. lubelskiego. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **16**: 59-68.
71. Sharda R., Delen D., Turban E.: *Business Intelligence and Analytics: Systems for Decision Support*. 10th edition. Pearson Education, Harlow, Essex, England, 2014.
72. Solarska E.: Zwalczanie mączniaka rzekomego chmielu na podstawie prognozowania porażenia. *Instrukcja wdrożeniowa*, IUNG, Puławy 1988, **155/88**.
73. Urban S.: Zarządzanie wiedzą w gospodarstwach rolnych. *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*. Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą, Bydgoszcz, 2008, s. 142-149.
74. Wójtowicz A., Piekarczyk J.: Porównanie skuteczności wybranych systemów wspierających podejmowanie decyzji w zwalczaniu zarazy ziemniaka. *Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Roślin*, 1998, **38(2)**: 358-361.

75. Yost R., Attanandana T., Colfer C.J.P., Itoga S.: Decision Support Systems in Agriculture: Some Successes and a Bright Future. In: Efficient decision support systems – practice and challenges from current to future, Chiang Jao (ed). InTech, 2011. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/19345.pdf>. Dostęp 09.07.2015.
76. Zaliwski A.S.: System Agroefekt-2012-online (prototyp). System doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. IUNG-PIB, Puławy, 2012. www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ipr/AgroefektOnline.html. Dostęp 07.07.2015.
77. Zaliwski A.S.: Informacja, wiedza, decyzje i systemy wspomaganie decyzji. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, **33(7)**: 45-68.
78. Zaliwski A.S.: Oprogramowanie narzędziowe portalu IPO. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2014, **38(12)**: 89-114.
79. Zaliwski A., Kozyra J.: NegFry – system wspomaganie decyzji w zwalczaniu zarazy ziemniaka. System doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. IUNG-PIB, Puławy, 2006. www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ior/negfry.html. Dostęp 10.07.2015.
80. Zaliwski A.S., Nieróbcia A.: The Negative Prognosis Plant Protection Model and Weather Data Quality. Book of abstracts. “IPM Innovation in Europe Conference”, 14–16 January 2015, IOR-PIB, Poznań, p. 144.
81. Zaliwski A.S., Nieróbcia A.: Data quality and information quality – the case of the negative prognosis plant protection model. Paper presented at the “EFITA 2015” Conference, 29 June–2 July 2015, Poznań.
82. Zaliwski A., Pietruch C.: Narzędzia informatyczne w produkcji roślinnej. Inżynieria Rolnicza, 2007, **2(90)**: 333-339.
83. Ziętara W.: Zasób informacji niezbędnych do podejmowania decyzji w gospodarstwach i przedsiębiorstwach rolniczych. Pamiętnik Puławski, 2001, **124**: 465-477.

Adres do korespondencji:

dr inż. Andrzej S. Zaliwski
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 47 86 758
e-mail: Andrzej.Zaliwski@iung.pulawy.pl

Bogusława Jaśkiewicz

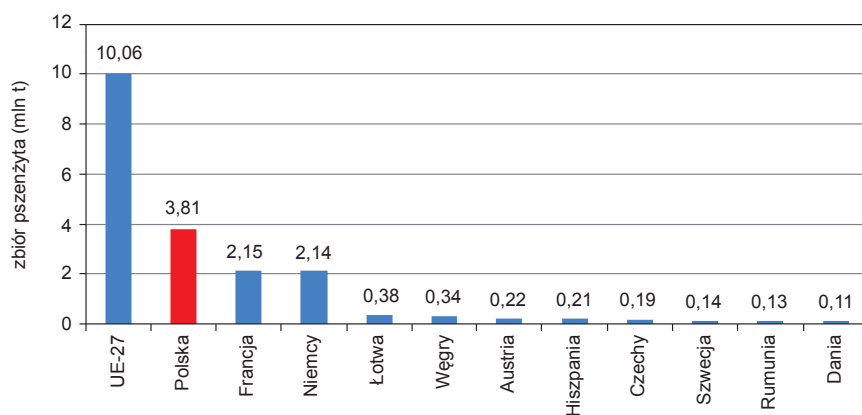
*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WYBRANE ASPEKTY UPRAWY PSZENŻYTA OZIMEGO*

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime, warunki siedliska, odmiana, plonowanie, białko, skład chemiczny

Wstęp

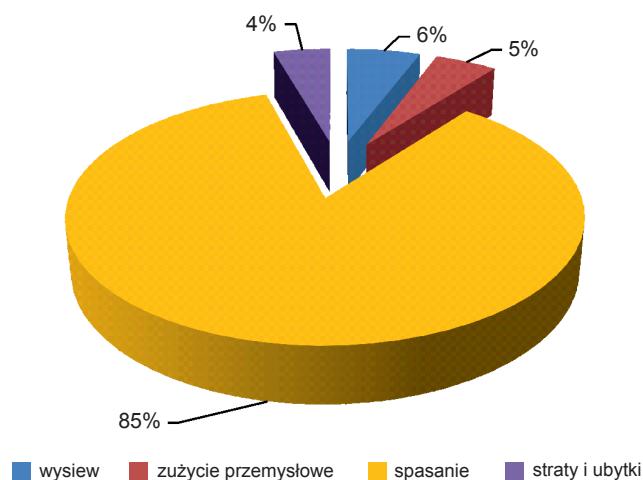
Polska jest największym producentem ziarna pszenżyta w Unii Europejskiej (rys. 1). Zbiory pszenżyta na poziomie 3,81 mln t stanowią prawie 40% zbiorów tego gatunku w UE. Odmiany pszenżyta hodowli polskiej są uważane za najwydajniejsze na świecie i zajmują 70–80% powierzchni jego uprawy. Z bilansu zbożowego wynika, że pszenżyto to przede wszystkim zboże paszowe, ponieważ aż 85% ziarna jest przeznaczone na paszę (rys. 2)



Rys. 1. Zbiory pszenżyta w Polsce na tle wybranych krajów UE-27 w latach 2011–2012

Źródło: Jaśkiewicz, 2014 (25)

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.



Rys. 2. Rozdysponowanie ziarna pszenżyta w roku 2013

źródło: obliczenia własne na podstawie: Rynek Zbóż, 2014 (47)

W ostatnich latach obserwowany jest wzrost powierzchni uprawy pszenżyta w Polsce. W ostatnim dwudziestoleciu powierzchnia jego uprawy wzrosła do 1465 tys. ha (2009 r.). Świadczy to o dużym zainteresowaniu rolników jego uprawą. W roku 2014 wynosiła ona 1,31 mln ha i była o 9% wyższa od roku poprzedniego, zaś zbiory ziarna pszenżyta kształtowały się na poziomie 4,5 mln t i były o 16% większe od zbiorów w roku 2013 (47). Ziarno pszenżyta jest bezpośrednio wykorzystywane w gospodarstwach zajmujących się produkcją zwierzęcą, głównie trzody chlewnej, bydła i drobiu. Dlatego uprawa pszenżyta koncentruje się w województwach kujawsko-pomorskim i wielkopolskim oraz w północnej części kraju (21).

Pszenżyto charakteryzuje się małymi wymaganiami środowiskowymi, co ma podstawowe znaczenie w Polsce ze względu na duży udział gleb lekkich (15). Posiada większą odporność na choroby niż pozostałe gatunki zbóż, co obniża nakłady na jego uprawę (19, 36). Dzięki dużemu potencjałowi plonowania i dobrej wartości pokarmowej stało się ono konkurencyjne dla innych gatunków zbóż. Wartość pokarmowa ziarna pszenżyta wynika z dość wysokiej zawartości białka, które odznacza się korzystnym składem aminokwasowym i wysokim współczynnikiem strawności. Ziarno pszenżyta stanowi bardzo dobry składnik paszy przydatnej dla wszystkich gatunków zwierząt gospodarskich. (20, 45). W związku z tym, wprowadzenie pszenżyta na część areалу gleb zajmowanych przez żyto, powiększa ilość białka wnoszonego z ziarnem zbóż do pasz (20).

O wartości pokarmowej ziarna pszenżyta w żywieniu zwierząt decydują zawarte w nim składniki pokarmowe i ich strawność oraz skład aminokwasowy białka (tab. 1). Najwięcej białka zawiera ziarno pszenżyta i pszenicy, najmniej żyta i kukurydzy. Mimo dużej zawartości białka w pszenicy nie jest ono najlepszej jakości. Najniż-

szą wartością ze wszystkich zbóż odznacza się białko ziarna kukurydzy, która stanowi głównie paszę energetyczną. Natomiast białko żyta jest lepszej jakości niż kukurydzy głównie ze względu na zawartość aminokwasu lizyna, chociaż zawartość procentowa tego składnika jest podobna w obydwu zbożach. Białko pszenżyta odznacza się najkorzystniejszym składem aminokwasowym (po owsie) i zawiera najwięcej lizyny wśród podstawowych gatunków zbóż. Lizyna z pszenżyta jest dobrze wykorzystywana przez zwierzęta (45). Białko pszenżyta zawiera też więcej aminokwasów egzogen-nych od pszenicy, które zwierzęta muszą otrzymywać w paszy, ponieważ same nie są w stanie ich wytworzyć (10).

Dominującą frakcją we wszystkich ziarnach zbóż są węglowodany łatwostrawne i to one decydują o wysokiej strawności. Ziarno pszenżyta zawiera mniej włókna surowego niż owies, jęczmień i pszenica, ale więcej węglowodanów łatwostrawnych (bezażotowe wyciągowe) (tab. 1). Białko pszenżyta charakteryzuje się wysokim współczynnikiem strawności. Zawartość energii metabolicznej w ziarnie tego gatunku w żywieniu drobiu i trzody chlewnej jest podobna jak w ziarnie pszenicy (20). Zawartość białka w ziarnie wcześniej wyhodowanych odmian pszenżyta była często większa niż w ziarnie pszenicy, natomiast w ziarnie odmian występujących obecnie w uprawie jest tylko nieznacznie mniejsza niż w ziarnie pszenicy i wyraźnie większa niż w ziarnie żyta. Warto dodać, że zawartość białka w ziarnie zależy nie tylko od genotypu (odmiany), ale także od poziomu nawożenia azotem, stosowanej ochrony roślin czy przebiegu pogody w okresie wegetacji.

Tabela 1

Zawartość składników pokarmowych w zbożach w kg s.m. ziarna

Gatunek	Białko (%)	Węglowodany (%)	Włókno surowe (%)	Tłuszcz (%)	Popiół (%)	Lizyna (g)	Metionina + cystyna (g)	Treonina (g)
Pszenica	12,2	65,5	2,9	2,0	1,8	3,6	4,6	3,6
Pszenżyto	12,1	67,0	2,5	1,8	1,8	4,1	4,4	3,9
Jęczmień	11,5	64,5	3,8	2,1	2,4	3,8	4,1	3,6
Żyto	9,8	69,0	2,4	1,6	1,7	3,7	3,7	3,2
Owies	11,0	53,0	8,9	4,8	3,6	4,7	4,5	4,0
Kukurydza	9,9	67,0	2,2	4,4	1,3	2,6	4,1	4,1

Źródło: Rakowska, 1989 (45)

Wymagania klimatyczne

Wymagania wodne pszenżyta ozimego w czasie wegetacji jesiennej są niewielkie i wynoszą 80–100 mm opadu (5). Umiarkowana susza jesienna (pod warunkiem, że nie opóźnia wschodów) działa nawet korzystnie na rozwój systemu korzeniowego

oraz na wigor wiosenny. Największe zapotrzebowanie na wodę pszenżyto ozime wykazuje w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia tj. ok. 40–45 mm opadu w kwietniu, 60–70 mm w maju, 30 mm w pierwszej połowie czerwca i w lipcu. Niedobór wody w okresie krytycznym, szczególnie na słabszych glebach, przyspiesza kłoszenie, zmniejsza masę wegetatywną i zagęszczenie łanu. Większe niż u żyta wymagania termiczne wiosną powodują, że pszenżyto ozime później wznawia vegetację i charakteryzuje się powolniejszą dynamiką wzrostu wczesnowiosennego. W okresie krytycznym (strzelanie w źdźbło – kłoszenie), wymaga temperatur dobowych 6–8°C, a dłuższe okresy temperatury wyższej wpływają niekorzystnie na gospodarkę wodną i plonowanie roślin. W okresie nalewania ziarna optimum termiczne wynosi 16–17°C i jest to największe zapotrzebowanie w całym okresie wzrostu i rozwoju. Wyższe temperatury powietrza są dopiero pożądane w fazie dojrzałości woskowej, ponieważ przyspieszają dosychanie ziarna i słomy.

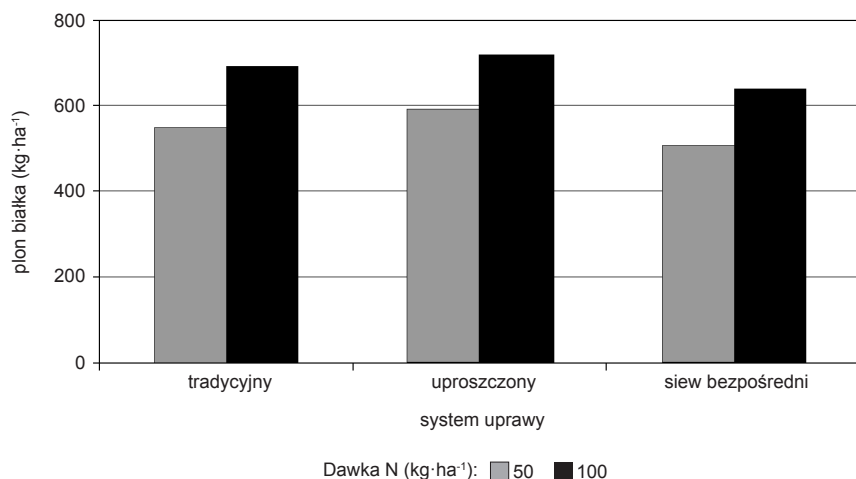
Wymagania glebowe

Najodpowiedniejsze warunki wzrostu i rozwoju pszenżyto ozime znajduje na glebach pszennych oraz żytnych bardzo dobrych i dobrych o odczynie lekko kwaśnym lub zbliżonym do obojętnego (25). Na glebach kompleksu żytniego słabego wysokich plonów pszenżyta można oczekiwać tylko w warunkach wysokiej kultury roli i po dobrych przedplonach (niezbożowych). Dobrze rozwinięty system korzeniowy powoduje, że pszenżyto wykorzystuje zapasy wody pozimowej (5). Badania Smagacza (49, 50), Smagacza i Kusia (51) wykazują, że pszenżyto ozime na glebach żytnych bardzo dobrych jest zbożem konkurencyjnym w stosunku do żyta i jęczmienia jarego, ponieważ uprawiane nawet po roślinach kłosowych wydaje istotnie większe i bardziej stabilne plony. Reaguje stosunkowo małym spadkiem plonu ziarna na uprawę po sobie. Wysoka plenność pszenżyta ozimego na glebach żytnych bardzo dobrych wskazuje, że z gospodarczego punktu widzenia zarówno żyto, jak i jęczmień jary, uprawiane po roślinach kłosowych, powinny być zastępowane pszenżystem. Przyczyni się to istotnie do poprawy średniej wydajności ziarna oraz zwiększy stabilność plonowania zbóż uprawianych na glebach średnich. Zapotrzebowanie pszenżyta na składniki pokarmowe nie odbiega w istotny sposób od zapotrzebowania innych gatunków zbóż. Gatunek ten dzięki dość dobrze rozwiniętemu systemowi korzeniowemu, ma dużą zdolność pobierania składników mineralnych z gleby, jednak jest ona mniejsza niż u żyta (5).

Systemy uprawy

Wzrastające zapotrzebowanie na ziarno paszowe skłania rolników do rozszerzenia uprawy pszenżyta ozimego w Polsce. Jednak wysokie koszty uprawy tradycyjnej oraz dążenie do rolnictwa zrównoważonego wymusza wprowadzenie uproszczeń aż po siew bezpośredni. Zdaniem Idkowiak i Kordas (17) stosowanie uproszczeń

w uprawie roli, włącznie z siewem bezpośrednim, w wyraźny sposób wpłynęło na jakość ziarna pszenżyta ozimego. Przeprowadzone badania dowiodły, że zastąpienie orki siewnej broną wirnikową lub całkowita rezygnacja z uprawy na rzecz siewu bezpośredniego wpływa dodatnio na dorodność i wypełnienie ziarna. W literaturze doniesienia dotyczące wpływu skrajnych uproszczeń w uprawie roli na masę 1000 ziaren są rozbieżne. Według Bleharczyka i in. (1) i Starczewskiego i in. (52) siew bezpośredni powoduje nieznaczny wzrost masy 1000 ziaren, natomiast Dzienia i Piskier (13) są zdania, że stosowanie uprawy zerowej wpływa ujemnie na wypełnienie ziarna. Jak wykazano w pracy Idkowiak i Kordas (17), przejawem niekorzystnego wpływu uproszczeń w uprawie roli na jakość ziarna pszenżyta ozimego był spadek zawartości białka. Największy ubytek tego składnika wystąpił pod wpływem siewu bezpośredniego, co w konsekwencji znalazło swoje potwierdzenie w najniższym plonie białka ziarna (rys. 3)



Rys 3. Plon białka ziarna pszenżyta ozimego odmiany Fidelio przy różnych systemach uprawy i nawożenia azotem

Źródło: Idkowiak i Kordas, 2005 (17)

Dobór odmiany

Duże znaczenie w kształtowaniu plonu ziarna pszenżyta ozimego i jego jakości odgrywa odmiana. Nowe odmiany krajowe pszenżyta ozimego cechuje wysoka plenność i dobra jakość paszowa ziarna. Średni plon ziarna pszenżyta ozimego w badaniach COBORU jak i w praktyce rolniczej za lata 2012–2014 przewyższa plony żyta i jest zbliżony do plonu ziarna pszenicy (36, 47). W roku 2014 w Krajowym Doborze Odmian znajdowało się 40 odmian pszenżyta ozimego, z czego 12 są krótkosłome: Agostino, Alekto, Atletico, Baltiko, Borwo, Gniewko, Grenado, Magnat, Mikado, Pigmej, Twingo i Wiarus (36). Odmiany te dzięki lepszej odporności na wyleganie

są szczególnie przydatne do intensywnej uprawy. Zalecane są jednak do uprawy w lepszych stanowiskach.

Nowe odmiany zarejestrowane w ostatnich latach cechują się na ogół lepszą plennością niż odmiany wcześniej zarejestrowane. Wysokim poziomem plonowania charakteryzują się odmiany: Borowik, Fredro, Subito, Tomko, Transfer, Trismart, Twingo, Palermo, Pizarro, Wiarus. Duże znaczenie w wyborze odmiany mają cechy rolniczo-użytkowe: mrozoodporność, odporność na porastanie, wyleganie, choroby, zawartość białka i inne cechy ziarna (36). Poważnym problemem w uprawie pszenżyta jest podatność odmian na choroby. Największą na nie odpornością wyróżniają się odmiany: Wiarus i Tomko oraz Agostino, Pizarro, Boreniko, Amorozo, Borowik, Maestozo, Grenado, Palermo, Pawo. Pszenżyto najczęściej porażane jest przez mączniaka prawdziwego, rdzę brunatną, septoriozę liści.

Mniejszą podatnością na wyleganie charakteryzują się odmiany: Atletico, Alekto, Algostino, Borowik, Baltiko, Grenado, Transfer, Trigold, Wiarus, Twingo, Gniewko, Tomko, Mikado, Pimej, Palermo, Torino. Wysoką masą 1000 ziaren odznaczają się odmiany: KWS Trisol, Borowik, Trismart, Torino, Todan, Algoso, Tulus, Amorozo. Największą zawartością białka wyróżnia się ziarno odmian: Torino, Amorozo, Tulus, Alekto, Atletico, Leontino, Pizarro. Większą odporność na porastanie ziarna w kłosach mają odmiany: Agostino, Atletico, Elpaso, Fredro, Pizarro. Wyższą zawartość cukrów ogółem zawiera odmiana Transfer, a także Alekto, Algoso, Bereniko, Cerber, KWS Trisol, Leontino, Trigold, Tules i Wiarus.

Właściwy wybór odmiany umożliwia uzyskanie wysokiego plonowania bez zwiększenia nakładów na środki produkcji lub nawet przy zmniejszeniu zużycia niektórych środków, np. wybierając odmianę bardziej odporną na choroby lub wyleganie. Pełne wykorzystanie postępu biologicznego jest możliwe tylko w warunkach prawidłowej rejonizacji gatunków i odmian oraz stosowania agrotechniki uwzględniającej specyficzne ich wymagania.

Pewnym ułatwieniem przy wyborze odmiany do uprawy w danym rejonie mogą stanowić „Listy zalecanych do uprawy odmian na obszarze województw” (tzw. LZO) (tab. 2). Są one tworzone na podstawie wyników doświadczeń prowadzonych w ramach programu Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego i Rolniczego koordynowanego przez COBORU.

Tabela 2

Odmiany wpisane na Listy Odmian Zalecanych na obszarze poszczególnych województw

Odmiana	Standardowy poziom agrotechniki				Intensywny poziom agrotechniki			
	2008	2009	2010	średnia	2008	2009	2010	średnia
Moderato	51,9	73,2	78,7	67,9	61,7	79,3	90,7	77,3
Algoso	58,2	81,6	92,1	77,3	63,7	96,7	106,0	88,8
Magnat	59,1	64,0	92,1	71,7	71,8	85,1	99,0	85,3
Pawo	64,3	72,3	84,3	73,6	68,9	87,6	88,1	81,5

cd. tab. 2

Odmiana	Standardowy poziom agrotechniki				Intensywny poziom agrotechniki			
	2008	2009	2010	średnia	2008	2009	2010	średnia
Witon	70,2	63,0	83,8	72,3	63,7	79,0	88,1	76,9
Todan	61,1	77,7	87,2	75,3	64,8	89,1	102,2	85,4
Baltiko	59,0	67,2	86,0	70,7	62,3	74,8	111,2	82,8
Grenado	64,8	73,4	75,2	71,1	73,9	96,5	96,5	89,0
Trismart	63,8	73,5	77,0	71,4	70,9	95,2	89,9	85,3
Trimester	62,7	76,8	89,5	76,3	67,3	81,1	100,2	82,9
Średnia	61,5	72,2	84,6		66,9	86,5	97,2	

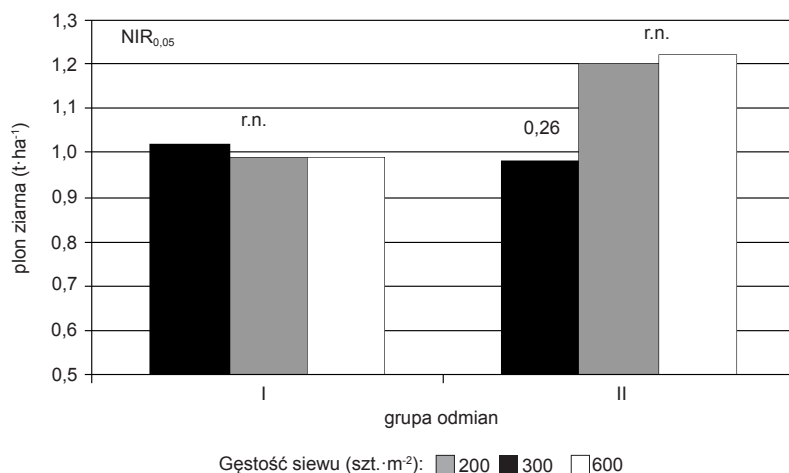
Źródło: Lista Opisowa Odmian, 2013 (36)

Siew

Pszenżyto należy wysiewać w optymalnym terminie siewu, który może być uzależniony od pogody w danym roku, a także od czynników siedliskowych (5). W badaniach mikropoletkowych przeprowadzonych w IUNG-PIB w Puławach stwierdzono zróżnicowaną reakcję odmian pszenżyta półkarłowego na termin siewu (19). Odmiany Baltiko, Fidelio, Magnat, Gniewko i Zorro zareagowały obniżką plonu ziarna w miarę opóźniania terminu siewu. Związane to było ze zmniejszeniem liczby kłosów na jednostce powierzchni wynikającym ze słabszego rozkrzewienia produkcyjnego oraz z istotnym spadkiem plonu i liczby ziaren z rośliny. Natomiast odmiana Woltario jest tolerancyjna na opóźnienie terminu siewu do 10 dni, ponieważ plonowała podobnie przy optymalnym i opóźnionym terminie siewu, ale istotnie niżej przy późnym. Również u tej odmiany nastąpiła redukcja liczby kłosów i rozkrzewienia produkcyjnego przy późnym terminie siewu. Opóźnienie terminu siewu skraca okres wzrostu wegetatywnego roślin jesienią (5). Gorzej rozwinięte rośliny nie mogą już nadrobić strat wiosną, gdyż w warunkach dłuższego dnia stymulowany jest rozwój generatywny. Krótszy okres wzrostu wegetatywnego powoduje spadek krzewienia produkcyjnego, co prowadzi do zmniejszenia obsady kłosów na jednostce powierzchni (19). Przy niekorzystnych warunkach w okresie zimowym lepsze zbiory zapewniają siewy wcześniejsze, natomiast po łagodnej zimie późny siew często nie powoduje obniżenia plonu.

W badaniach mikropoletkowych (19) stwierdzono zróżnicowaną reakcję odmian na zmianę zagęszczenia roślin (rys. 4). Odmiany Woltario, Magnat podobnie plonowały bez względu na zróżnicowanie obsady roślin po wschodach, pomimo trendu wzrostu liczby kłosów na jednostce powierzchni gleby. U odmian tych wraz ze wzrostem obsady roślin stwierdzono zmniejszenie rozkrzewienia produkcyjnego i produktywności kłosa. W związku z tym, że plon ziarna był niezależny od ilości wysiewu, należałoby uznać za wystarczającą najmniejszą obsadę roślin 200 szt. $\cdot$ m⁻². Natomiast u odmian Baltiko, Gniewko, Fidelio i Zorro stwierdzono istotny wzrost plonu przy obsadzie 300 roślin $\cdot$ m⁻². Pomimo obserwowanego spadku wartości cech struktury plonu wraz

z obsadą roślin, odmiany te wyraźniej niżej plonowały przy obsadzie $200 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$, natomiast podobnie przy obsadzie 300 i $600 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$. W tej grupie odmian produktywność kłosa przy zróżnicowanej obsadzie roślin była podobna, natomiast liczba kłosów istotnie wzrosła przy obsadzie $300 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$ w porównaniu z najniższą obsadą. Niewielkie zmniejszenie produktywności kłosa w tej grupie odmian kompensowane było zwiększeniem liczby kłosów na jednostce powierzchni.



r.n. – różnice nieistotne

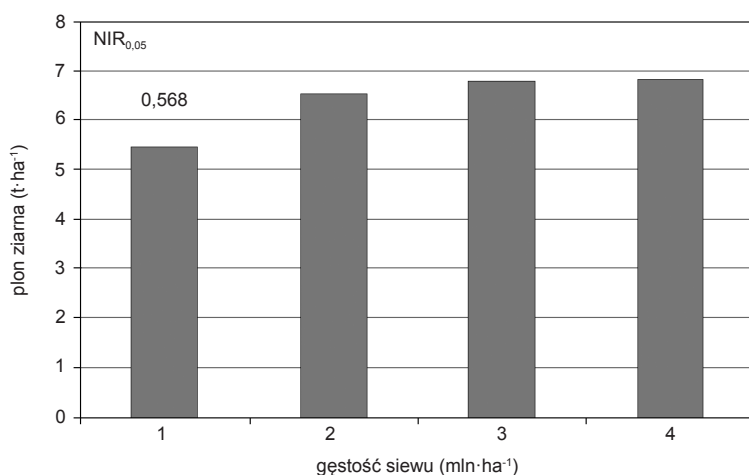
Rys. 4. Plon ziarna pszenżyta półkarłowego odmian wymagających obsady roślin: $200 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ –

Woltario, Magnat (grupa I) oraz $300 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ – Baltiko, Gniewko, Fidelio, Zorro (grupa II)

Źródło: Jaśkiewicz, 2006 (19)

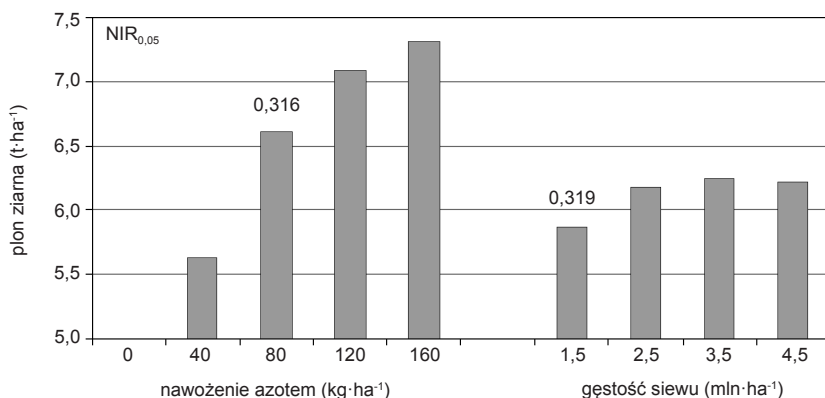
Z badań przeprowadzonych przez Jaśkiewicz (19, 23) wynika, że ilość wysiewu w granicach od 1,0 do $4,5 \text{ mln ziaren na ha}$ różnicowała plony ziarna pszenżyta. Istotny wzrost plonu ziarna stwierdzono przy wysiewie $2 \text{ mln ziaren na ha}$ dla odmiany Woltario i $2,5 \text{ mln ziaren na ha}$ dla odmiany Fidelio (rys. 5 i 6).

Dalsze zwiększanie gęstości wysiewu tych odmian nie gwarantowało istotnego wzrostu plonu ziarna. Tendencja wyższego plonowania pszenżyta przy zmniejszaniu zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni wskazuje zatem na wymóg rzadkiego siewu tej formy pszenżyta. W łanach rzadszych występuje większa penetracja światła (9, 20, 22). Rośliny wyrosłe w takich warunkach wytwarzają większą suchą masę z rośliny, są odporniejsze na wyleganie i choroby niż rosnące przy niedostatecznej ilości światła. Jest to wynikiem hamującego wpływu światła na wzrost roślin i korzystnego wpływu na tworzenie się tkanki mechanicznej. W łanach roślin dobrze oświetlonych proces fotosyntezy jest intensywniejszy niż w przypadku roślin, które wyrosły przy niedoborze światła. Ma to wyraźny wpływ na poziom plonowania pszenżyta.



Rys. 5. Plon ziarna pszenżyta ozimego formy półkarłowej odmiany Woltario w zależności od gęstości siewu

Źródło: Jaśkiewicz, 2009c (23)



Rys. 6. Plon ziarna pszenżyta ozimego formy półkarłowej odmiany Fidelio w zależności od dawki nawożenia azotem i gęstości siewu

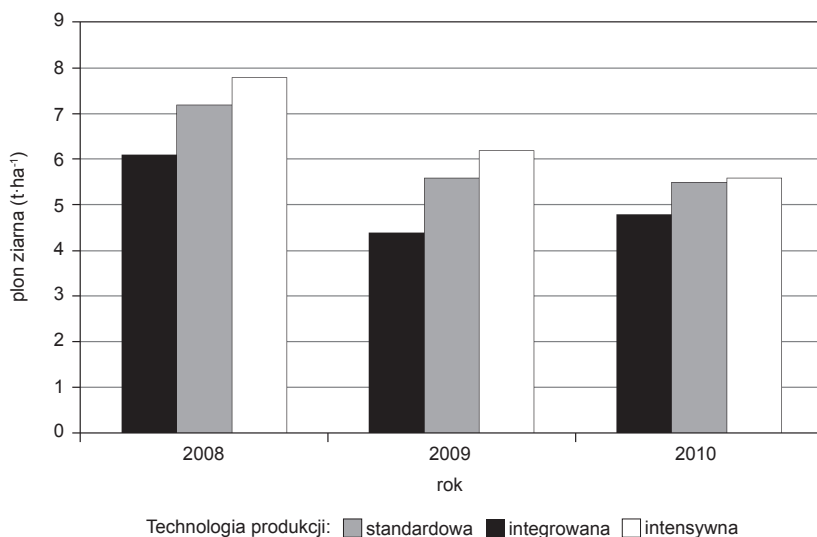
Źródło: Jaśkiewicz, 2008 (20)

Nawożenie azotem

Plon białka z jednostki powierzchni zależy od uzyskanego plonu i zawartości białka w ziarnie. Powszechna jest opinia (9, 17, 18, 22, 24, 40, 55), że wraz ze wzrostem dawki azotu następuje wzrost zawartości azotu ogólnego w ziarnie pszenżyta ozimego. Jaśkiewicz (20, 24, 25, 26) w swoich badaniach podkreśla większą niż u innych zbóż

ozimych reakcję tego gatunku na intensywne nawożenie mineralne, w tym azotem, co wskazuje na potrzebę stosowania dużych dawek tego składnika.

W badaniach Idkowiaka i Kordasa (17) zwiększone nawożenie azotem niezależnie od systemu uprawy wpłynęło na wzrost zawartości białka w ziarnie i jego plon. Jabłoński i Gandecki (18) wykazali, że zwiększenie dawki azotu mineralnego z 50 do 100 kg·ha⁻¹ powoduje wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie pszenżyta ozimego z 11,2 do 12,2% oraz poprawia dorodność ziarna, zwłaszcza w przypadku siewu bezpośredniego. Można zatem przyjąć, że ewentualne niekorzystne zmiany w jakości ziarna wynikające ze stosowanych uproszczeń w uprawie roli mogą być częściowo rekompensowane zwiększonym nawożeniem azotem. Zastosowane nawożenie azotem miało działanie plonotwórcze zarówno przy wzroście dawki azotu z 0 do 80 kg N·ha⁻¹ (wzrost plonu ziarna przeciętnie o 21%), jak i po zastosowaniu dawki 170 kg N·ha⁻¹ (wzrost plonu o kolejne 9,2%). W przeprowadzonych badaniach Jaśkiewicz (20) i Małeckiej i in. (40) najczęściej obserwowano zwiększenie plonu ziarna pszenżyta do poziomu dawki azotu 100–150 kg N·ha⁻¹. Zdaniem Jaśkiewicz (20), pszenżyto półkarłowe efektywnie wykorzystuje dawkę 120 kg N·ha⁻¹ (rys. 7). Nawożenie taką dawką pobudziło rośliny do intensywnego krzewienia, wpływając w ten sposób na większą liczbę kłosów, które zadecydowały o wyższym poziomie plonowania. Natomiast mniejsza gęstość siewu korzystnie wpłynęła na produktywność kłosa.



Rys. 7. Plon ziarna pszenżyta ozimego odmiany Kitaro w zależności od technologii produkcji

Źródło: Grabiński i in., 2002 (16)

Odmiany wykazują niejednakową reakcję na zmianę warunków atmosferycznych w okresie wegetacji. Badania przeprowadzone przez Grabińskiego i in. (16) w SD Osiny w latach 2008–2010 z różnymi technologiami uprawy (intensywna, integrowana i oszczędna) wskazują, że plon ziarna zależał od przebiegu pogody w okresie wegetacji. Plon ziarna pszenżyta ozimego odmiany Kitaro przy technologii integrowanej był podobny do plonu z technologii intensywnej (2010 r.), natomiast w 2008 i 2009 był niższy o 8–9% (rys. 7).

Z pracy Laudańskiego i in. (35) wynika, że do genotypów plonujących nie stabilnie, czyli takich, których reakcji na zmieniające się warunki środowiska nie jesteśmy w stanie w sposób jednoznaczny przewidzieć, zaliczyć można: Fidelio, Ugo, Alzo i Janko. Odmianą plonującą stabilnie i dającą wyższy plon w latach sprzyjających i przy wyższych dawkach azotu była Marko. Natomiast odmiana Lamberto istotnie reagowała na warunki uprawy w latach przy braku interakcji między latami a nawożeniem azotem. Na zróżnicowane wykorzystanie dawek azotu przez odmiany pszenżyta ozimego wskazują wyniki badań Jaśkiewicz (22, 24, 27). W badaniach wazonowych stwierdzono wzrost plonu białka pszenżyta ozimego pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem. Najwyższy przyrost zawartości białka ogółem na dużej dawce N obserwowano u odmiany Leontino, następnie Grenado i Pigmej. Natomiast wyższego plonu białka o 30% w stosunku do dawki $2,4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ dostarczyła odmiana Grenado w warunkach wysokiej dawki azotu ($3,6 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$). Idkowiak i Kordas (17) w podobnych warunkach wykazali wzrost plonu białka średnio o 25% niezależnie od sposobu uprawy roli. Jednocześnie stwierdzili, że wyższe nawożenie azotem poprawia dorodność ziarna.

Z badań COBORU (36) prowadzonych w latach 2011–2013 przy przeciętnym i wysokim poziomie agrotechniki (zwiększone nawożenie azotem, dolistne preparaty wieloskładnikowe, ochrona przed wyleganiem i chorobami) wynika, że odmiana pszenżyta ozimego Algoso, Baltik, Cerber, Elpaso, Grenado, Leontino, Trismart i Witon zareagowały wyższym poziomem plonowania na wysoki poziom agrotechniki. Badania przeprowadzone w ramach Krajowego Programu Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego przez Bujaka i in. (6) wykazały, istotne zróżnicowanie plonowania odmian pszenżyta w warunkach standardowej i intensywnej agrotechniki oraz zmienność w kolejnych latach badań, jednak ich reakcja na zmieniające się warunki pogodowe w tych latach była podobna. Poziom intensywności agrotechniki różnił się od poziomu przeciętnego dodatkowym nawożeniem azotowym o $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, pełną ochroną fungicydami, stosowaniem regulatorów wzrostu oraz dolistnym dokarmianiem mikroelementami. Najwyżej plonującą odmianą w standardowych warunkach agrotechniki była odmiana Trismester, a w intensywnych Algoso (tab. 3). Większość odmian charakteryzowała stabilność plonowania.

Tabela 3

Średnie plony ($t \cdot ha^{-1}$) odmian pszenżyta ozimego w latach 2008–2010

Odmiana	Standardowy poziom agrotechniki				Intensywny poziom agrotechniki			
	2008	2009	2010	średnia	2008	2009	2010	średnia
Moderato	51,9	73,2	78,7	67,9	61,7	79,3	90,7	77,3
Algoso	58,2	81,6	92,1	77,3	63,7	96,7	106,0	88,8
Magnat	59,1	64,0	92,1	71,7	71,8	85,1	99,0	85,3
Pawo	64,3	72,3	84,3	73,6	68,9	87,6	88,1	81,5
Witon	70,2	63,0	83,8	72,3	63,7	79,0	88,1	76,9
Todan	61,1	77,7	87,2	75,3	64,8	89,1	102,2	85,4
Baltiko	59,0	67,2	86,0	70,7	62,3	74,8	111,2	82,8
Grenado	64,8	73,4	75,2	71,1	73,9	96,5	96,5	89,0
Trismart	63,8	73,5	77,0	71,4	70,9	95,2	89,9	85,3
Trimester	62,7	76,8	89,5	76,3	67,3	81,1	100,2	82,9
Średnia	61,5	72,2	84,6		66,9	86,5	97,2	

Źródło: Bujak i in., 2012 (6)

W badaniach Samborskiego i in. (48) średni plon ziarna wszystkich badanych odmian pszenżyta w kolejnych latach zbioru 2001, 2002, 2003 różnił się istotnie i wyniósł odpowiednio 5,83; 6,03 i 7,66 $t \cdot ha^{-1}$. Wysoki poziom plonowania uzyskany w 2003 r. wynikał z bardzo korzystnego przebiegu warunków pogodowych. Na podstawie średnich z 3 lat badań wskazać można, że odmianą najlepiej plonującą była Kitaro (7,05 $t \cdot ha^{-1}$), zaś najslabiej – Janko (5,82 $t \cdot ha^{-1}$). Porównanie plonu ziarna średnio z 3 lat dla grupy odmian długosłomych i krótkosłomych wskazuje na bardzo małe różnice w plonowaniu tych form, odpowiednio: 6,46 i 6,63 $t \cdot ha^{-1}$.

Składniki pokarmowe w ziarnie

Przy sporządzaniu mieszanek paszowych, stanowiących podstawę żywienia zwierząt, powszechnie wykorzystywane jest ziarno zbóż, a wartość odżywcza ich białka, o której decyduje skład aminokwasów, jest miernikiem stopnia wykorzystania białka potrzebnego do syntezy specyficznych białek ustrojowych. Dlatego ważne jest dążenie do lepszego wykorzystania nie tylko białka, ale wszystkich składników pokarmowych, dzięki czemu możliwe będzie uzyskanie korzyści fizjologicznych i ekonomicznych. Miernikiem wysokiej wartości pokarmowej pasz jest określony w nich udział składników pokarmowych. Z przedstawionego przez Petkova i in. (42) składu chemicznego wynika (tab. 4), że pszenżyto odmiany Lamberto z kolejnych lat zbioru charakteryzowało się zbliżoną koncentracją substancji organicznej w suchej masie. Średnia zawartość białka ogólnego, w ilości od 111,2 do 126,9 $g \cdot kg^{-1}$ s.m. w połączeniu z wysoką zawartością związków bezazotowych wyciągowych odzwierciedlają węglowodanowy charakter pszenżyta.

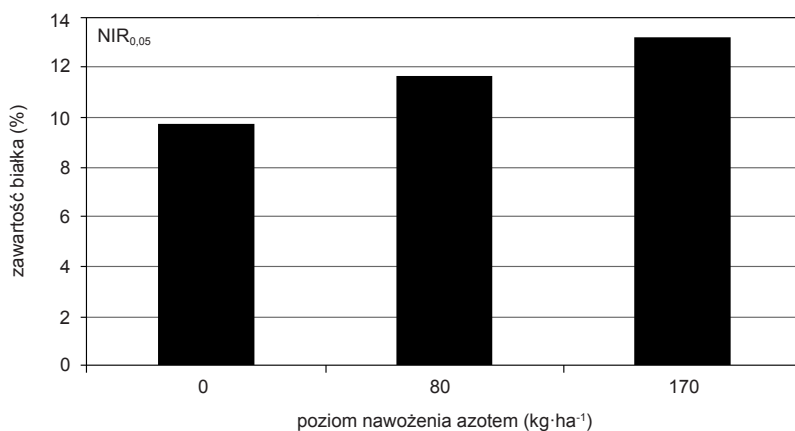
Tabela 4

Zawartość składników pokarmowych w badanym ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Lamberto (g·kg⁻¹ s.m.)

Rok	Popiół surowy	Substancja organiczna	Białko ogólne	Ekstrakt eterowy	Włókno surowe	Związki bezazotowe wyciągowe
2002	15,6	984,4	112,5	14,7	27,4	830,0
2003	18,0	982,0	111,2	14,6	28,1	828,1
2004	16,7	983,3	126,6	15,7	31,1	809,9

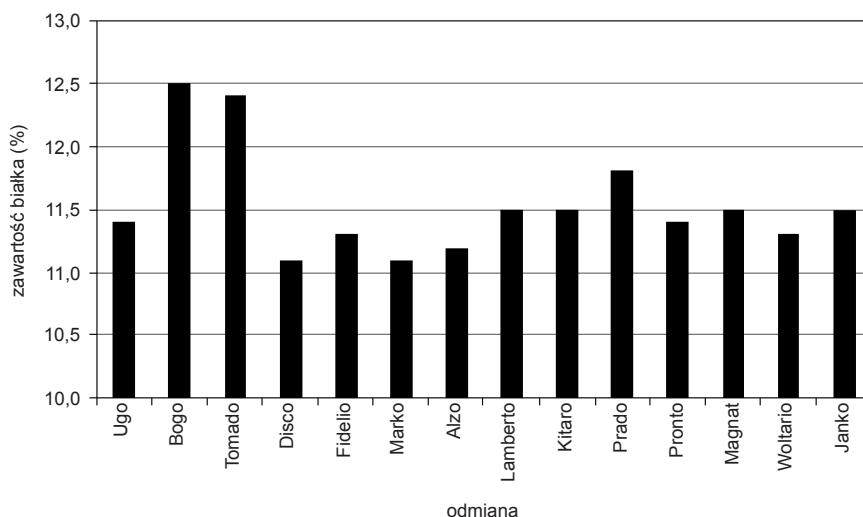
Źródło: Petkov i in., 2006 (42)

Największą zawartość białka ogólnego, tłuszczu i włókna surowego charakteryzowało się ziarno pszenżyta z 2004 r., co koresponduje z wynikami Buraczyńskiej i Ceglarek (7), Zajac i in. (56). Stwierdzili oni, że na zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenżyta ozimego istotnie wpływały warunki opadowo-termiczne oraz przedplon. Większej koncentracji białka sprzyjają lata o mniejszej ilości opadów i wyższej średniej temperaturze powietrza w okresie wegetacji. Ziarno pszenżyta ozimego wysiewanego w stanowiskach po grochu siewnym i mieszance pszenżyta jarego, jak i pszenicy z 60% udziałem grochu siewnego odznaczało się istotnie większą zawartością białka ogólnego niż ziarno w stanowiskach po zbożach jarych, co świadczy o lepszym zaopatrzeniu pszenżyta ozimego w azot w tych stanowiskach (7, 12, 56). Zwiększanie udziału grochu w mieszankach z 20 do 60% oddziaływało korzystnie na gromadzenie białka ogólnego w ziarnie pszenżyta. Największą zawartość białka ogólnego stwierdzono w ziarnie pszenżyta ozimego wysiewanego po grochu siewnym. Jak podają Domska i in. (11), z uprawy pszenżyta ozimego na glebie lekkiej przy intensywnym nawożeniu azotem można uzyskać plon białka właściwego zbliżony do plonu białka pszenicy uprawianej w lepszych warunkach glebowych i nawożonej niższą dawką. Analiza wpływu wzrastających dawek azotu na zawartość białka w ziarnie, potwierdziła spotykaną powszechnie w literaturze prawidłowość o pozytywnym wpływie tego czynnika na ilość odkładanego białka w ziarniakach (40). Zastosowane przez Samborskiego in. (48) dawki azotu 80 kg·ha⁻¹ zwiększyło średnio względną zawartość białka w ziarnie o 17,2% a dawki 170 kg·ha⁻¹ o 26,6% w stosunku do kontroli nie nawożonej azotem (rys. 8). Małecka i in. (40) po zastosowaniu dawki 60 kg·ha⁻¹, nie uzyskali istotnego wzrostu zawartości białka w ziarnie w stosunku do nienawożonych, natomiast zastosowanie dawki 120 kg·ha⁻¹ zwiększyło względną zawartość białka w ziarnie o 7,8%. Powszechna prawidłowość, że większe nagromadzenie białka w ziarnie ma miejsce w latach suchych nie potwierdziła się w badaniach Samborskiego i in. (48) i zależała od warunków atmosferycznych w okresie wegetacji.



Rys. 8. Zawartość białka w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od poziomu nawożenia azotem
Źródło: Samborski i in., 2008 (48)

Według Samborskiego i in. (48) nie jest możliwe wydzielenie grup odmian, które przy różnym przebiegu pogody (latach) charakteryzowałyby się najwyższą bądź najniższą zawartością białka w ziarnie. Biorąc po uwagę średnią z trzech lat badań, najwyższą zawartością białka odznaczało się ziarno odmiany Bogo (12,5%), zaś najniższą ziarno odmian Disco i Marko (11,1%) (rys. 9). Wyższa zawartość białka w ziarniakach odmiany Bogo mogła wynikać z ich mniejszych rozmiarów, gdyż genotyp ten charakteryzował się przeciętną niższą MTZ. Podobny zakres zawartości białka w ziarnie dla kilku odmian pszenżyta stwierdzili Pisulewska i in. (43, 44).



Rys. 9. Zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego
Źródło: Samborski i in., 2008 (48)

O wartości pokarmowej białka decyduje jego skład aminokwasowy, który zależy od warunków pogodowych (tab. 5). Wpłynęły one na zawartość aminokwasów w białku ziarna pszenżyta. W roku 2002 (suma roczna opadów i średnia temperatura powietrza zbliżona do wielolecia) suma aminokwasów egzogennych była odpowiednio o 9 i 25% większa niż w roku 2003 i 2004. Lata te charakteryzowały się roczną sumą opadów i średnią temperaturą powietrza poniżej wielolecia. Petkov i in. (42), porównując całkowitą sumę aminokwasów i zawartość aminokwasów ograniczających, zauważa znaczną różnicę między rokiem 2002, w którym aminokwasem ograniczającym była lizyna, (wg Brzozowskiej i in. (3), Pisulewskiej i in. (44), Rakowskiej (45) jest pierwszym aminokwasem ograniczającym dla zbóż), a dwoma kolejnymi latami, w których limitującym aminokwasem był tryptofan, co potwierdzają badania Lubowickiego i in. (37).

Tabela 5

Skład aminokwasowy białka pszenżyta ozimego odmiany Lamberto

Aminokwasy (g·kg ⁻¹ s.m.)	Rok zbioru		
	2002	2003	2004
Kwas asparaginowy	7,77	6,73	5,58
Treonina	3,33	2,88	3,22
Seryna	3,98	3,44	3,50
Kwas glutaminowy	35,96	31,15	22,09
Prolina	8,86	7,68	6,39
Cystyna	2,30	1,99	1,74
Metionina	1,95	1,69	1,42
Metionina + Cystyna	4,25	3,68	3,16
Glicyna	4,90	4,24	4,12
Alanina	4,31	3,73	2,71
Walina	4,81	4,17	3,87
Izoleucyna	3,86	3,34	2,95
Leucyna	7,38	6,39	5,77
Tyrozyna	2,02	1,75	1,75
Fenylalanina	5,07	4,39	4,31
Tyrozyna + Fenylalanina	7,09	6,14	6,06
Histydyna	2,71	2,34	2,04
Lizyna (Lyz)	3,28	2,84	3,02
Arginina	5,41	4,69	5,62
Tryptofan (Trp)	1,17	1,02	0,77
CS	46,88 Lyz	40,60 Trp	45,30 Trp
ΣEAA	34,00	33,76	29,01
ΣAA	109,08	94,48	81,33

CS – wskaźnik aminokwasu ograniczającego

ΣEAA – suma aminokwasów egzogennych

ΣAA – suma wszystkich aminokwasów

Źródło: Petkov i in., 2006 (42)

Skład chemiczny ziarna

Efektywność uprawy pszenżyta ozimego mierzy się nie tylko jego potencjalną plennością, ale również jakością plonu. Źródłem substancji mineralnych dla zwierząt monogastrycznych jest ziarno zbóż (28, 41, 42, 45). Podstawowymi składnikami popiołu ziarna zbóż są fosfor, potas i magnez oraz mikrośladniki (Cu, Fe, Mn, Zn). Pszenżyto jest zbożem wykorzystywanym przede wszystkim na paszę, dlatego poza wielkością plonu ważna ze względów pokarmowych jest także zawartość makroskładników i mikrośladników w ziarnie, które są głównym źródłem substancji mineralnych dla zwierząt gospodarskich. Zawartość poszczególnych makroelementów w ziarnie pszenżyta wykazuje dużą zmienność i zależy od wielu czynników, tj.: zasobności gleby w przyswajalne składniki pokarmowe, warunków pogodowych w okresie wegetacji, gatunku zboża i jego formy, a także zabiegów agrotechnicznych, w tym nawożenia i ochrony roślin (31, 39, 41, 43, 53, 54). Zawartość składników mineralnych w ziarnie niejednokrotnie ulega zmianie pod wpływem herbicydów lub mieszanin herbicydowo-mocznikowych (4, 39). Zarówno niedobór, jak i nadmiar makroskładników w ziarnie pszenżyta może powodować obniżenie wartości biologicznej paszy i być przyczyną niekorzystnych zmian w metabolizmie zwierząt.

W badaniach Brzozowskiej (2) zawartość makroelementów w suchej masie ziarna pszenżyta ozimego odmiany Bogo kształtowała się na poziomie średnim (azot, fosfor, potas i magnez) oraz niskim (wapń) i zależała od warunków pogodowych (tab. 6). Podobne zawartości tych pierwiastków w ziarnie pszenżyta stwierdził również Matyka i in. (41). Ponadto Brzozowska (2) zwraca uwagę na postępujący w latach proces obniżania się koncentracji wapnia w ziarnie pszenżyta ozimego w porównaniu z wcześniejszymi oznaczeniami.

Tabela 6

Zawartość makroskładników (g·kg⁻¹ s.m.) w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Bogo

Makroskładniki	Lata			Średnio
	2000	2001	2002	
Azot	19,1	16,6	20,4	18,7
Fosfor	4,2	3,8	4,4	4,1
Potas	4,7	4,9	5,4	5,0
Magnez	1,5	1,2	1,4	1,4
Wapń	0,6	0,4	0,5	0,5

Źródło: Brzozowska, 2006 (2)

Wielu autorów podkreśla znaczący wpływ warunków siedliska, w tym meteorologicznych, na kształtowanie się składu chemicznego ziarna pszenżyta (14, 30, 32, 34). Dla porównania, w badaniach Kryńskiej i in. (34) przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji w niewielkim tylko stopniu wpływał na gromadzenie się składników mineralnych w ziarnie pszenżyta ozimego. W badaniach Brzozowskiej (2) obniżka zawartości azotu w ziarnie pszenżyta po zastosowaniu

mieszaniny herbicydów Granstar 75 WG + Chwastox Extra 300 SL w porównaniu z ziarnem z obiektu kontrolnego (różnice istotne) może mieć związek z wrażliwością genetyczną odmiany na dany preparat lub ich mieszaninę, która według Makarskiej (39) zwykle ujawnia się w niesprzyjających warunkach pogodowych. Liczni autorzy podkreślają, że stosowanie środków chwastobójczych w zalecanych dawkach w większości nie powoduje znaczących zmian w wartości biologicznej ziarna pszenżyta, w tym także w zawartości białka (4, 39), a obserwowane zmiany wywołane herbicydami (2) są raczej uzależnione od współdziałania wielu zmiennych czynników zewnętrznych i różnej reakcji poszczególnych odmian na stosowanie tych samych preparatów.

Sposób aplikacji azotu nie miał istotnego wpływu na kształtowanie się zawartości badanych makroelementów w ziarnie pszenżyta (2). Podobne wyniki w tym zakresie w uprawie pszenicy ozimej otrzymali również Cacak-Pietrzak i in. (8), Kryńska i in. (34), Ziołek i in. (57). Autorzy Ci dowodzą, że nagromadzanie składników mineralnych w ziarnie pszenżyta w większym stopniu zależy od wielkości dawki azotu niż od sposobu jego stosowania. Także w badaniach Koca i Szurpickiej-Połtarzewskiej (32) wzrastające dawki azotu zwiększały zawartość potasu, a zmniejszały fosforu i magnezu, natomiast w niewielkim stopniu zmieniały poziom wapnia.

Substancje antyżywieniowe

Obecność sporyszu w ziarnie żyta i pszenżyta powyżej 0,5% masy dyskwalifikuje je jako paszę dla zwierząt gospodarskich (5). W ziarnie zbóż pszenżyta występują obok składników pokarmowych związki mające negatywny wpływ na zdrowie zwierząt i ich wydajność; są to substancje antyżywieniowe. Ilość pentozanów i alkilorezorcynoli kształtuje się u pszenżyta na poziomie pośrednim pomiędzy formami rodzicielskimi, jest jednak bardziej zbliżona lub podobna jak u pszenicy. Natomiast w porównaniu z żytem zawiera 3–4 razy mniej substancji antyżywieniowych. W badaniach krajowych nie stwierdzono dotychczas ujemnego wpływu obecnych w ziarnie w niewielkich ilościach alkilorezorcynoli na wskaźniki żywieniowe zwierząt (34, 46). Inne badania przeprowadzone przez Kozubka i Tymana (33), Lyncha i in. (38) Rossa i in. (46) wskazują, że alkilorezorcynole tylko w bardzo dużych dawkach są zdolne do wywołania toksycznych efektów w organizmie zwierząt.

Podsumowanie

Pszenżyto dzięki dużemu postępowi biologicznemu w Polsce stało się zbożem konkurencyjnym w stosunku do innych powszechnie uprawianych gatunków zbóż na glebach zaliczanych do kompleksu żytniego. Wysoka tolerancja na gorsze warunki glebowe, duży potencjał plonowania i wysoka wartość paszowa sprawiły, że stanowi ono alternatywę dla żyta, które jeszcze do niedawna w 50% było wykorzystywane na cele paszowe.

Cechy jakościowe pszenżyta wyraźnie przemawiają za wykorzystaniem ziarna tego gatunku w żywieniu zwierząt gospodarskich. Dodatkowym argumentem przesądzającym o znaczeniu pszenżyta jako paszy są aspekty ekonomiczno-organizacyjne a zwłaszcza niższa kapitałochłonność produkcji, mniejsze wymagania przedplonowe i siedliskowe. Ponadto technologia uprawy pszenżyta na paszę jest stosunkowo dobrze rozpoznana przez rolników, szczególnie w rejonach intensywnego rolnictwa (Kujawy, Wielkopolska) wyróżniających się również dużą koncentracją produkcji drobiu i trzody chlewnej. W związku ze specjalizacją produkcji rolniczej i jej regionalnym zróżnicowaniem zainteresowanie uprawą pszenżyta może być także potęgowane pozytywnymi opiniami producentów zwierząt.

Piśmiennictwo

1. Blecharczyk A., Skrzypczak G., Małecka I., Piechota T.: 1999. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* **195**, *Agricultura*, 74, 171-179.
2. Brzozowska I.: Wpływ herbicydów i sposobu nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2006, **142**, 9-17.
3. Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M.: Effect of various methods of weed control and nitrogen fertilisation on biological value of winter triticale grain protein. *Fragm. Agron.*, 2009, **26(2)**: 16-25.
4. Brzozowski J., Brzozowska I.: Wpływ zabiegów ochronnych i łączonych ochronno-nawozowych na zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **478**: 113-120.
5. Budzyński W., Szempliński W.: Pszenżyto. W: *Szczegółowa uprawa roślin*. Praca Zbiorowa pod red. Jasińska Z., Kotecki A., 2003, cz. I, 161-195.
6. Bujak H., Tratwal A., Walczak F.: Zmienność plonowania i cech użytkowych odmian pszenżyta ozimego w Winnej Górze. *Ann. UMCS Lublin-Polonia*. 2012, seria E, **67**: 1-11.
7. Buraczyńska D., Ceglarek F.: Plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od przedplonu. *Fragm. Agron.*, 2009, **26(1)**: 9-18.
8. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., Sęk M.: Wpływ nawożenia azotowego na wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. *Prz. Zboż.-Młyn.*, 1998, **7**: 23-26.
9. Chrzanowska-Drożdż B.: Wpływ ilości wysiewu i nawożenia azotem na plonowanie dwu odmian pszenżyta. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 1996, **303**: 173-181.
10. Djekić V., Milovanović M., Staletić M., Perisić V.: Triticale implementation in nonruminant animals nutrition. *Macedonian Journal of Animal Science*, 2009, **2(1)**: 41-48.
11. Domska D., Kos J., Procyk Z., Rogalski L., Rytelwski A.: Porównanie wpływu zróżnicowanych dawek nawożenia azotem na zawartość białka i jego jakość w ziarnie pszenżyta, pszenicy i żyta uprawianych w północno-wschodniej Polsce. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo* 1997, **65(175)**: 91-97.
12. Domska D., Warechowska M.: Wpływ techniki uprawy pszenżyta na wartość produkcyjną plonu białka. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 247, *Agricultura*, 2006, **100**: 45-48.
13. Dzienia S., Piskier T.: Reakcja pszenżyta ozimego na uproszczenia w uprawie roli. *Fol. Univ. Agric. Stetin*, 186, *Agricultura*, 1998, **69**: 29-32.
14. Gil Z.: Wartość technologiczna odmian pszenżyta jarego i ozimego w zależności od warunków środowiska. *Rozpr. habil. AR Wrocław*, 1996.
15. Górski T., Krasowicz S., Kuś J.: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. *Pam. Puł.*, 1999, **114**: 127-142.
16. Grabiński J., Nieróbca P., Szeleźniak E.: Wpływ intensywności produkcji na plonowanie zbóż w wadliwych płodozmianach. *Zag. Ekon. Roln.*, 2008, **2**: 88-93.

17. Idkowiak M., Kordas L.: Uproszczenia w uprawie roli i nawożenia azotem a jakość ziarna pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 47-53.
18. Jabłoński B., Gandecki R.: Wpływ różnej ilości wysiewu i zróżnicowanego nawożenia azotem na plony pszenżyta i innych zbóż. *Fragm. Agron.*, 1987, **32(14)**: 19-30.
19. Jaśkiewicz B.: Reakcja nowych odmian pszenżyta ozimego na czynniki agrotechniczne. *Folia Univ. Agric. Stetin. Agric.*, 2006, **247**: 63-69.
20. Jaśkiewicz B.: Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Fidelio. *Acta Agroph.*, 2008, **12(2)**: 381-393.
21. Jaśkiewicz B.: Czynniki decydujące o regionalizacji produkcji pszenżyta w Polsce. *Frag. Agron.*, 2009a, **2**: 72-78.
22. Jaśkiewicz B.: Reakcja nowych odmian pszenżyta ozimego na czynniki agrotechniczne. *Folia Univ. Agric. Stet. Agric.*, 2009b, **274(12)**: 11-17.
23. Jaśkiewicz B.: Plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Woltario w zależności od gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem. *Acta Agroph.*, 2009c, **13(3)**: 705-712.
24. Jaśkiewicz B.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna nowych odmian pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2010, **152**: 95-103.
25. Jaśkiewicz B.: Integrowana uprawa pszenżyta ozimego. *Instr. upowszech. IUNG-PIB, Puławy* 2014, **199**: 1-28.
26. Jaśkiewicz B.: Wpływ integrowanej i intensywnej technologii produkcji na plonowanie dwóch odmian pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 2014a, **4**: 28-36.
27. Jaśkiewicz B.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 2014b, **31(1)**: 25-31.
28. Jaśkiewicz B., Kliza-Hołubowicz G.: Uprawa i wykorzystanie pszenżyta na paszę. *Instr. upowszech., IUNG-PIB, Puławy* 2008, **145**: 1-68.
29. Jaśkiewicz B.: Ekonomiczna efektywność produkcji półkarłowej formy pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2006a, **142**: 163-169.
30. Jurkowska H., Rogoż A., Wojciechowicz T.: Zawartość składników mineralnych w roślinach w zależności od wilgotności gleby. Cz. I: Makroelementy. *Acta Agr. Silv., Ser. Agraria*, 1992, **30**: 29-35.
31. Knapowski T., Kozera W., Majcherczak E., Barczak B.: Wpływ nawożenia azotem i cynkiem na skład chemiczny i plon białka ziarna pszenżyta jarego. *Fragm. Agron.*, 2010, **27(4)**: 45-55.
32. Koc J., Szurpicka-Połtarzewska Ł.: Wpływ przedplonu i nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie i słomie pszenżyta ozimego. Cz. II. Fosfor, potas, magnez, wapń. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol.*, 1997, **175(65)**: 171-176.
33. Kozubek A., Tymian J.H.: Resorcinolic lipids, the natural nonisoprenoid phenolic amphiphiles and their biological activity. *Che. Rev.*, 1999, **99**: 1-25.
34. Kryńska B., Majda J., Kud K.: Wpływ poziomu i sposobu stosowania azotu na plonowanie pszenżyta ozimego i zawartość makroelementów w ziarnie. Cz. II. Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 1997, **3**: 353-358.
35. Ludański Z., Mańkowski D., Rozbicki J., Samborski S.: Próba oceny interakcji ze środowiskiem wybranych odmian pszenżyta ozimego (X *Triticosecale* Wittmack). *Folia Univ. Agric. Stetin. Agricultura*, 2006, **247(100)**: 97-112.
36. Lista Opisowa Odmian. 2013. Rośliny rolnicze Zbożowe. COBORU. Słupia Wielka, ss.174
37. Lubowicki R., Kotlarz A., Petkov K., Jaskowska I.: Ocena składu chemicznego i wartości biologicznej białka pszenżyta, pszenicy i żyta. *Zesz. Nauk. AR Szczec., Ser. Rolnictwo*, 1997, **175(65)**: 243-248.
38. Lynch B.S., Delzell E.S., Bechtel D.H.: Toxicology review and risk assessment of resorcinol: thyroid effects. *Reg Toxicol Pharmacol*, 2002, **36**: 198-210.
39. Małarska E.: Jakość ziarna odmian pszenżyta ozimego w warunkach stosowania wybranych herbicydów. *Wyd. AR Lublin. Rozpr. habil.*, 1997, **205**.

40. Małecka I., Bleharczyk A., Sawińska Z.: Wpływ sposobów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego. *Ann. UMCS, Sec. E*, 2004, **59(1)**: 259-267.
41. Matyka S., Karol W., Wojciak M.: Skład mineralny ziarna zbóż. *Zesz. Nauk. WSR-P, Siedlce, ser. Zoot.*, 1993, **32**: 51-55.
42. Petkov K., Bobko K., Biel W., Jaskowska I.: Ocena ziarna pszenżyta ozimego na podstawie składu chemicznego, aminokwasowego oraz jakości białka. *Folia Iniv. Agric. Stetin. Agricultura*, 2006, **247(100)**: 141-144.
43. Pisulewska E., Zając T., Oleksy A.: Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 1998, **205/206**: 179-188.
44. Pisulewska E., Ścigalska B., Szymczyk B.: Porównanie wartości pokarmowej ziarna polskich odmian pszenżyta jarego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Ser. Rolnictwo*, 2000, **206(82)**: 219-224.
45. Rakowska M.: Wartość żywieniowa ziarna pszenżyta. Rozdział 13 w pracy zbiorowej „*Biologia pszenżyta*”, pod red. Cz. Tarkowskiego, PWN Warszawa, 1989, 340-351.
46. Ross A.B., Karnal-Eldin A., Mann P.: Dietary alkylresorcinola: absorption, bioactivities, and possible use as biomarkers of whole grain wheat – and rye – rich foods. *Nutr. Rev.*, 2004, **62**: 81-95.
47. Rynek Zbóż. Stan i perspektywy. 2014. Analizy rynkowe. MRiRW.
48. Samborski S., Gozdowski D., Rozbicki J.: Wpływ nawożenia azotem na jakość ziarna odmian tradycyjnych i krótkosłomych pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 372-390.
49. Smagacz J.: Średni plon ziarna ze zmianowania przy różnym udziale pszenżyta ozimego w strukturze zasiewów. *Zesz. Nauk. AR Szczec. 175, Rolnictwo*, 1997, **65**: 413-417.
50. Smagacz J., Dworakowski T.: Porównanie wydajności odmian pszenżyta ozimego z pszenicą ozimą lub żytem w stanowiskach po zbożach. *Biul. IHAR*, 2004, **231**: 179-184.
51. Smagacz J., Kuś J.: Wpływ długotrwałego stosowania płodozmianów zbożowych na plonowanie zbóż oraz wybrane chemiczne właściwości gleby. *Frag. Agron.*, 2010, **27(4)**: 119-134.
52. Starczewski J., Kłys D., Bombik A.: Reakcja pszenżyta ozimego na zróżnicowaną uprawę przedsięwną. *Fragm. Agron.*, 1994, **44(44)**: 61-66.
53. Ścigalska B., Pisulewska E., Kołodziejczyk M.: Zawartość makro- i mikroskładników w ziarnie odmian pszenżyta jarego. *Folia Univ. Agric. Stetin. Agricultura*, 2000, **206(82)**: 287-292.
54. Wojtkowiak K.: Wpływ techniki nawożenia na plonowanie i jakość ziarna pszenżyta. Cz. I. Plon i zawartość azotu w ziarnie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2004, **502**: 43-50.
55. Wojtkowiak K.: Wpływ sposobu nawożenia azotem na jakość ziarna pszenżyta jarego odmiany Milewo. Cz. II. Plonowanie i zawartość składników mineralnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2014, **576**: 217-226.
56. Zając T., Szafranski W., Gierdziewicz M., Pieniek J.: Plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.*, 2006, **23(2)**: 174-184.
57. Ziolek E., Grzywnowicz-Gazda Z., Zając T.: Wpływ dawki Florovitu i stężenia roztworu mocznika na plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR, Kraków, Rol.*, 1995, **300(32)**: 147-155.

Adres do korespondencji:

dr hab. Bogusława Jaśkiewicz
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 47 86 813
e-mail: kos@iung.pulawy.pl

Jolanta Bojarszczuk, Jerzy Książak, Mariola Staniak

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PORÓWNANIE OPLACALNOŚCI UPRAWY GROCHU I BOBIKU W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU NAWOŻENIA*

Słowa kluczowe: rośliny strączkowe, sposób nawożenia, koszty bezpośrednie, wartość produkcji, opłacalność, białko paszowe

Wstęp

W ostatnich latach prowadzona jest dyskusja na temat wspierania uprawy roślin strączkowych, w której zwolennicy wskazują, że produkcję należy rozwijać, ze względu na pozytywne oddziaływanie tych gatunków na środowisko oraz możliwość ich wykorzystania jako dodatkowego źródła białka (6). Jedną z bardzo istotnych cech roślin strączkowych jest zdolność do wiązania azotu atmosferycznego, co ma istotne znaczenie zarówno ekologiczne, jak i ekonomiczne (26, 29). Szukała (37) wykazał, że łubiny poprzez baterie brodawkowe wnoszą do gleby 40–90 kg·ha⁻¹ azotu atmosferycznego. Kulig (15) podaje, że groch siewny pozostawia 40–60 kg N·ha⁻¹, zaś Podleśny i Książak (29) donoszą, że udane zasiewy roślin strączkowych pozostawiają w resztkach poźniwnych do 80 kg N·ha⁻¹. Wprowadzanie roślin strączkowych do płodozmianu pozwala na ograniczenie stosowania nawozów mineralnych nawet o 20–25% (28, 30). Korzystny wpływ roślin strączkowych na wzrost, rozwój i plonowanie roślin następczych ujawnia się nie tylko w pierwszym, ale i w drugim roku po ich uprawie (35). W ostatnich latach obserwowane jest systematyczne zwiększanie powierzchni uprawy roślin strączkowych. W 2014 r. powierzchnia uprawy tych roślin uprawianych na nasiona wynosiła 205,3 tys. ha i była większa o 21% w stosunku do 2013 r. (8). Udział roślin strączkowych w strukturze zasiewów w 2014 r. wyniósł ok. 1,8%.

W Polsce w ciągu ostatnich lat obserwowane jest znaczne ograniczenie zawartości substancji organicznej w glebie. Spowodowane jest to w głównej mierze zmianą

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

w strukturze zasiewów, w tym przede wszystkim zwiększeniem udziału zbóż, zmniejszeniem powierzchni uprawy gatunków wzbogacających glebę w substancję organiczną, a także ograniczeniem ilości produkowanego obornika. Zdaniem wielu autorów (5, 9, 18, 19, 36, 41) gospodarstwa mogą poprawić bilans substancji organicznej w glebie, w warunkach niedoboru obornika, między innymi poprzez przyorwanie nadwyżek słomy. Zdaniem Kusia i in. (19) w skali kraju na przyoranie powinno się przeznaczać ok. 3 mln t słomy, co stanowi niespełna 12% całkowitych jej zbiorów.

Rośliny strączkowe nie wymagają dobrego przedplonu, dlatego najczęściej uprawiane są po zbożach. Dotychczas stosunkowo słabo była poznana reakcja tych roślin na nawożenie słomą oraz międzyplonami ścierniskowymi. Poplon ścierniskowy jest cenny ze względu na wartości fitosanitarne, nawozowe, strukturotwórcze i ochronne (10, 20). Możliwości zwiększenia zawartości substancji organicznej w glebie z wykorzystaniem nawozów naturalnych i organicznych oraz plonów ubocznych i międzyplonów ścierniskowych są potwierdzane przez wielu autorów (9, 19, 21, 25). Według Kodeksu dobrej praktyki rolniczej 1 ha przyoranego tzw. „zielonego pola” równy jest 1,6 ha przyoranej słomy (5). W ostatnim okresie coraz częściej występują lata o nierównomiernym rozkładzie opadów lub z ich niedoborem (17), dlatego wzrasta znaczenie roślin strączkowych jako elementu płodozmianu.

W dostępnej literaturze stosunkowo mało jest opracowań dotyczących efektywności ekonomicznej uprawy roślin strączkowych uprawianych na nasiona, dlatego też podjęto próbę oceny opłacalności uprawy grochu i bobiku w zależności od sposobu nawożenia.

Materiał i metodyka

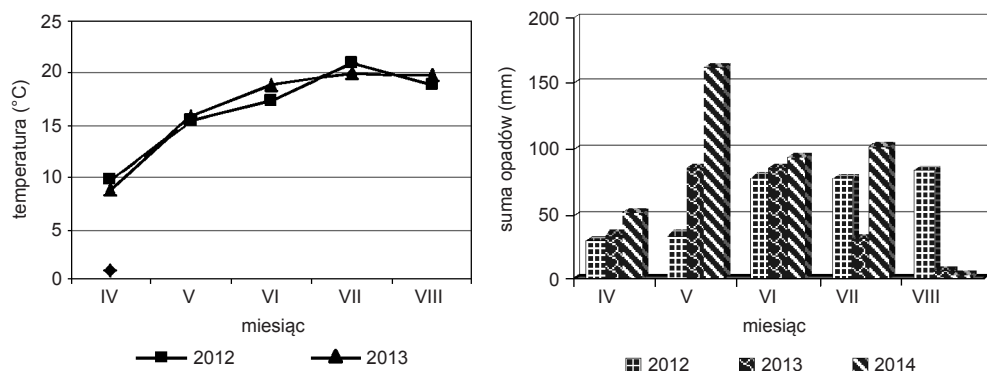
Materiał źródłowy opracowania stanowią wyniki doświadczenia polowego zrealizowanego w latach 2012–2014 w RZD Grabów IUNG-PIB w układzie podbloków skrzyżowanych (split-block) w 4 powtórzeniach. W schemacie doświadczenia czynnikiem I rzędu są gatunki roślin strączkowych: bobik i groch, a czynnikiem II rzędu – sposoby nawożenia roślin strączkowych: A – bez nawożenia, B – nawożenie NPK, C – słoma, D – słoma + nawożenie NPK, E – poplon (gorczyca), F – poplon (gorczyca) + nawożenie NPK. Doświadczenie przeprowadzono na glebie kompleksu pszennego dobrego (kl. IIIa). Wysiew międzyplonu ścierniskowego (gorczyca biała) oraz nawożenie słomą ($5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) wykonano w dniach 16–18 sierpnia. Średni plon zielonej masy gorzycy wynosił $7,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, suchej masy $1,43 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ przy średniej zawartości suchej masy 18,4%.

Poziom plonowania

Na poziom plonowania obu ocenianych gatunków roślin strączkowych wpływ miał przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji oraz sposób nawożenia,

co miało z kolei przełożenie na wartość produkcji, efektywność ekonomiczną, w tym na opłacalność produkcji. Zdaniem Jerzaka i in. (12) oraz Czerwińskiej-Kayzer i Florek (3) na opłacalność uprawy roślin strączkowych w dużej mierze ma wpływ wysokość plonów, które w przypadku rodzimych gatunków charakteryzują się dużymi wahaniami. Według Grabowskiej i Banaszkiewicz (7) w 80% na zmienność ich plonowania wpływa temperatura powietrza i opady atmosferyczne. Z kolei z badań Majchrzyckiego i in. (23) wynika, że opłacalność uprawy roślin strączkowych zależy od gatunku rośliny oraz od wielkości osiągniętego plonu. Kopiński i Matyka (14) donoszą, że wydajności poszczególnych gatunków roślin strączkowych pastewnych uprawianych na nasiona decydują o wartości i opłacalności tej produkcji. Według Borówcza i Rębarz (2) o wysokości uzyskiwanych plonów i opłacalności uprawy grochu siewnego w dużej mierze decydują warunki środowiskowe i czynniki agrotechniczne.

W pierwszym roku badań (2012) zanotowano znacznie mniejsze plony nasion bobiku i grochu. Spowodowane to było głównie małą ilością opadów w trzeciej dekadzie czerwca i pierwszej dekadzie lipca (rys. 1). Oceniane gatunki roślin strączkowych w tych warunkach inaczej reagowały na zastosowane nawożenie mineralne i organiczne. Stwierdzono znacznie wyższe plony nasion bobiku na wszystkich obiektach nawożonych w stosunku do kontroli bez nawożenia mineralnego. Najwyżej plonował bobik, który w okresie jesiennym nawożony był słomą, zaś wiosną stosowano nawożenie mineralne. Natomiast na poziom plonowania grochu zastosowane nawożenie nie miało istotnego wpływu. W drugim i trzecim roku badań (2013 i 2014) zanotowano znacznie wyższe plony nasion bobiku i grochu na wszystkich obiektach nawożonych w stosunku do obiektu bez nawożenia mineralnego.



Rys. 1. Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin strączkowych

Źródło: Notowania Stacji Meteorologicznej w Grabowie

Średnio za trzy lata wyższy poziom plonów uzyskano z uprawy grochu nawożonego słomą z zastosowaniem wiosną pełnego nawożenia mineralnego (tab. 1). Wysoki poziom uzyskanego plonu zapewniła również uprawa zarówno grochu jak i bobiku po

międzyplonie (gorczyca biała) wysiewanym jesienią z zastosowaniem pełnej dawki nawożenia NPK. Zwiększenie poziomu plonowania bobiku i grochu uprawianego po międzyplonie i zastosowaniu pełnej dawki nawożenia mineralnego w stosunku do uprawianego tylko po gorczycy wynosiła odpowiednio: 8 i 9%. Nawożenie słomą wykazało korzystne działanie następcze na plonowanie obu gatunków roślin strączkowych. Jednak najlepsze wyniki produkcyjne uzyskano po jej łącznym zastosowaniu wraz z aplikacją nawozów mineralnych. Korzystny wpływ następczy wprowadzonej do gleby dodatkowej biomasy na inne gatunki uprawianych roślin podkreślają w swoich badaniach również inni autorzy (27, 31, 40). W badaniach własnych, porównując poziom plonowania ocenianych gatunków z zastosowaniem nawożenia słomą oraz bez nawożenia, różnica wynosiła odpowiednio: 7 i 10%.

Tabela 1

Plon nasion bobiku i grochu w zależności od sposobu nawożenia (średnie z 3 lat)

Wyszczególnienie	Plon nasion (dt·ha ⁻¹)	
	bobik	groch
A – Kontrola – bez nawożenia	31,4a	36,2a
B – Kontrola + NPK	35,4b	40,4b
C – Słoma	36,2b	38,6a
D – Słoma + NPK	38,8c	42,5b
E – Poplon	36,2b	38,6a
F – Poplon + NPK	39,3c	41,6b
średnio	36,2	39,7

Źródło: opracowanie własne

Wartość produkcji

Najwyższą wartość produkcji uzyskano z uprawy grochu nawożonego słomą oraz uprawianego po międzyplonie ścierniskowym z zastosowaniem pełnego nawożenia mineralnego, co wynikało przede wszystkim z wyższych plonów tego gatunku (tab. 2). Najniższą wartość produkcji spośród ocenianych sposobów nawożenia roślin strączkowych uzyskano w uprawie bobiku bez nawożenia (obiekt kontrolny). Średnia wartość produkcji uzyskana z uprawy grochu była wyższa o 14% w stosunku do uprawy bobiku. Analiza wykazała także, że główne źródło przychodów z produkcji ocenianych gatunków roślin strączkowych niezależnie od systemu nawożenia stanowi wartość plonu (od 65% w uprawie bobiku do 72% w uprawie grochu). Z badań przeprowadzonych przez Czerwińską-Kayzer i Florek (4) wynika, że największą wartość produkcji można uzyskać z uprawy grochu pastewnego. W latach 2006 i 2007 wartość tego wskaźnika dla uprawy grochu pastewnego wynosiła odpowiednio: 2592 i 4562 zł·ha⁻¹ (3), zaś w 2014 r. – 3750 zł·ha⁻¹ (11).

Tabela 2

Poziom plonowania i wartość produkcji nasion grochu i bobiku w zależności od sposobu nawożenia

Wyszczególnienie	Gatunek rośliny strączkowej											
	bobik						groch					
	sposób nawożenia											
	A*	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Wartość produkcji (zł·ha ⁻¹)	2609,0	2941,0	3007,4	3217,6	3004,6	3264,7	3840,7	4289,5	4095,1	4505,0	4088,1	4413,1
Średnio dla gatunku	3007,4						4205,3					
Płatności obszarowe, w tym:	1622,3						1622,3					
▪ JPO (jednolita płatność obszarowa)	824,3						824,3					
▪ UPO (uzupełniająca płatność obszarowa)	175,6						175,6					
▪ ST (specjalna płatność obszarowa do powierzchni upraw roślin strączkowych i motylkowatych drobnonasiennych uprawianych w plonie głównym)	622,4						622,4					
Cena (zł)	83,0						106,0					
Udział dopłat bezpośrednich w wartości produkcji (%)	35,0						28,0					

* oznaczenia jak w tabeli 1

Źródło: opracowanie własne

Koszty bezpośrednie produkcji

Istotnym elementem w ocenie opłacalności uprawy roślin strączkowych na nasiona jest poziom kosztów bezpośrednich. Stosowanie międzyplonów czy słomy powodowało wzrost kosztów bezpośrednich uprawy roślin strączkowych. W badaniach własnych najwyższe koszty bezpośrednie generowała uprawa obu gatunków roślin strączkowych nawożonych słomą oraz z zastosowaniem nawożenia mineralnego. Natomiast najniższy poziom kosztów bezpośrednich zanotowano dla obiektu, na którym nie stosowano żadnego nawożenia. Stosunkowo niski poziom kosztów bezpośrednich generowała uprawa obu porównywanych ze sobą gatunków z zastosowaniem poplonu (tab. 3). Koszty bezpośrednie produkcji zarówno grochu, jak i bobiku były średnio o 30% niższe przy tym sposobie nawożenia w porównaniu z uprawą z zastosowaniem słomy i pełnego nawożenia NPK. W strukturze kosztów bezpośrednich największy udział stanowiły koszty zabiegów agrotechnicznych (średnio 46%). Najwyższy ich

poziom zanotowano dla obu gatunków roślin strączkowych nawożonych słomą i dawką NPK. Wysoki udział stanowiły również koszty zakupu materiału siewnego (średnio 28%). Wyższe jego koszty generowała uprawa roślin strączkowych uprawianych po zastosowaniu poplonu, bowiem w skład tej pozycji kosztów wchodził również koszt zakupu gorczycy wysianej jako poplon. Koszty nawożenia w strukturze kosztów bezpośrednich stanowiły średnio 17%. Najwyższe koszty generowała uprawa bobiku z zastosowaniem słomy i nawożenia mineralnego. Koszty nawożenia przy tym sposobie uprawy były ponad 4-krotnie wyższe niż w uprawie z zastosowaniem poplonu.

Tabela 3

Wybrane pozycje kosztów uprawy bobiku i grochu oraz wyniki finansowe

Wyszczególnienie	Gatunek rośliny strączkowej											
	bobik						groch					
	sposób nawożenia											
	A *	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Koszty bezpośrednie (zł·ha ⁻¹), w tym:	1717,6	2513,6	2378,6	3040,5	2094,7	2777,6	1672,2	2336,3	2333,2	2851,0	2049,3	2600,3
▪ materiał siewny	653,4	653,4	653,4	653,4	703,4	703,4	610,0	610,0	610,0	610,0	660,0	660,0
▪ nawożenie razem	0,0	686,4	413,9	966,3	222,6	686,4	0,0	554,5	0,0	822,1	222,6	554,5
▪ środki ochrony roślin	169,0	169,0	169,0	169,0	169,0	169,0	167,0	167,0	167,0	167,0	167,0	167,0
▪ zabiegi agrotechniczne	895,2	1004,8	1142,3	1251,8	999,7	1218,8	895,2	1004,8	1142,3	1251,8	999,7	1218,8
Koszty bezpośrednie średnio dla gatunku rośliny strączkowej (zł·ha ⁻¹)	2420,4						2307,1					
Udział w kosztach bezpośrednich (%):												
▪ materiał siewny	38	26	27	21	34	25	36	26	26	21	32	25
▪ nawożenie razem	0,0	27	17	32	11	25	0	24	18	29	11	21
▪ środki ochrony roślin	10	7	7	6	8	6	10	7	7	6	8	6
▪ zabiegi agrotechniczne	52	40	48	41	48	44	54	43	49	44	49	47

* oznaczenia jak w tabeli 1

Źródło: opracowanie własne

Nadwyżka bezpośrednia i opłacalność produkcji

Wyrazem znaczenia kosztów produkcji jest duże zróżnicowanie wartości nadwyżki bezpośredniej pomiędzy porównywanymi gatunkami oraz sposobami nawożenia roślin (14). Opłacalność uprawy roślin strączkowych uzależniona jest od wielu czynników, ale przede wszystkim od wartości produkcji obliczonej jako iloczyn rynkowej ceny i uzyskanych plonów, a także relacji uzyskanej wartości produkcji do poniesionych kosztów produkcji.

Analiza ekonomiczna wykazała, że najwyższy poziom nadwyżki bezpośredniej określającej poziom pokrycia kosztów bezpośrednich wartością produkcji (bez dopłat) zapewniła uprawa grochu siewnego po międzyplonie (gorczyca biała) oraz po zastosowaniu pełnego nawożenia mineralnego i była ona ponad dwukrotnie wyższa od nadwyżki uzyskanej z uprawy bobiku uprawianego tym sposobem (tab. 4). Wartość produkcji obu gatunków roślin strączkowych nawożonych różnymi sposobami pokrywała koszty bezpośrednie. Również Czerwińska-Kayzer i Florek (4) w swoich badaniach dowodzą, że uprawa grochu pastewnego wygenerowała nadwyżkę bezpośrednią o wartości $982,8 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, zaś koszty bezpośrednie uprawy łubinu żółtego były znacznie większe od wartości produkcji (o $1025,6 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$). Zdaniem powyższych autorek, w przypadku pastewnego grochu siewnego poziom ryzyka dochodowego jest dość wysoki, jednak znacznie obniża się po uwzględnieniu w rachunku dopłat możliwych do uzyskania do uprawy roślin strączkowych. W badaniach Bojarszczuk i Księżak (1) uprawa łubinu żółtego przy uzyskanym poziomie plonów nie umożliwiła pokrycia poniesionych kosztów, tym samym uprawę na tym poziomie rachunku kosztów można uznać za nieopłacalną. Podobnie Szukała i Mystek (38) dowiedli, że uprawa łubinu żółtego była poniżej progu opłacalności. Z doniesień literatury wynika, że podobne wnioski przedstawili Majchrzycki i in. (23), w badaniach których, koszty bezpośrednie uprawy łubinu znacznie przewyższyły wartość produkcji. Zdaniem Jerzaka (11) wprowadzenie łubinu do uprawy na glebach słabszych okazało się w 2014 r. ekonomicznie mało uzasadnione. Przy wszystkich poziomach plonowania tego gatunku, nie uwzględniając dopłat, poniesiono stratę w jego produkcji. Zdaniem Majchrzyckiego i in. (23) uprawa łubinu może być opłacalna, ale tylko w gospodarstwach o dużych powierzchniach i pod warunkiem uzyskania wysokich plonów. Według Majchrzyckiego i Peplińskiego (22) najwyższą nadwyżkę bezpośrednią spośród ocenianych gatunków roślin zapewniła uprawa grochu. Natomiast według oceny Katańskiej-Kaczmarek i in. (13) uprawa roślin strączkowych przy plonie przeciętnym ($30 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$) jest opłacalna, a w przypadku grochu przy plonie $40 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, może być konkurencyjna nawet w stosunku do pszenicy. Zdaniem Jerzaka (11) w 2014 r. najwyższy dochód rolniczy spośród gatunków roślin strączkowych, bez uwzględnienia dopłat, uzyskano z uprawy grochu siewnego

(149 zł·ha⁻¹). Wynik finansowy dla tego gatunku rośliny strączkowej, z uwzględnieniem wsparcia w postaci dopłat wyniósł 1776 zł·ha⁻¹. Natomiast z wcześniejszych badań Śmiglak-Krajewskiej (39) wynika, że w poprzednich latach uprawa grochu była zdecydowanie mniej opłacalna niż roślin zbożowych.

Porównanie w kalkulacji części kosztowej i przychodowej wykazało, że jedynie dla uprawy bobiku nawożonego słomą i pełną dawką NPK, przychody nie pokrywają kosztów. Obrazuje to wskaźnik opłacalności, który przyjmuje wartość poniżej 1,0.

Dodatkowym elementem, który został uwzględniony w niniejszym rachunku kosztów uprawy bobiku i grochu siewnego jest obniżenie kosztów w uprawie następczej. Wynikają one głównie z wprowadzenia do gleby między innymi przyswajalnego azotu, co w konsekwencji pozwala obniżyć koszty nawożenia i ochrony pestycydowej (13). Analiza rachunku kosztów w badaniach własnych wykazała, że po uwzględnieniu tej pozycji, uprawa obu gatunków roślin strączkowych pozostaje nadal korzystna pod względem ekonomicznym. W badaniach Czerwińskiej-Kayzer i Florek (4), uwzględniających tę kategorię, dochód z uprawy łubinu żółtego w 2011 r. wynosił 125,6 zł·ha⁻¹.

Przetawione wyniki wykazały, że spośród roślin strączkowych najwyższą wartość produkcji oraz wybrane wskaźniki finansowe można uzyskać, uprawiając groch i jego produkcja jest bardziej uzasadniona ekonomicznie. Stwierdzono również, że rosnący na przestrzeni lat, a jednocześnie znaczący wpływ na dochód rolniczy, a tym samym obniżenie poziomu ryzyka dochodowego mają płatności obszarowe.

W kalkulacji uwzględniono również koszty pośrednie, które decydują o opłacalności produkcji, mimo tego, że nie są związane z poziomem plonów. Po uwzględnieniu tych kosztów okazuje się, że przychody z produkcji nie pokrywają jedynie poniesionych kosztów w uprawie bobiku nawożonego słomą i przy zastosowaniu nawożenia mineralnego. Oznacza to, że wpływy ze sprzedaży nasion bobiku uprawianego tym sposobem nie zapewniają pokrycia kosztów całkowitych poniesionych na ich produkcję, dlatego też należy podkreślić rolę dopłat do ich produkcji.

Tabela 4

Wyniki finansowe uprawy bobiku i grochu w zależności od sposobu nawożenia

Wyszczególnienie	Gatunek rośliny strączkowej											
	bobik						groch					
	sposób nawożenia											
	A*	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Nadwyżka bezpośrednia (zł·ha ⁻¹)	891,3	427,4	628,8	177,1	909,9	487,1	2168,5	1953,1	1761,9	1654,0	2038,8	1812,8
Średnio dla gatunku	586,9						1898,2					
Nadwyżka bezpośrednia (zł-zł ⁻¹ kosztów bezpośrednich)	0,52	0,17	0,26	0,06	0,43	0,18	1,30	0,84	0,76	0,58	0,99	0,70
Średnio dla gatunku	0,24						0,86					
Koszty pośrednie (zł·ha ⁻¹)	257,6	377,0	356,8	456,1	314,2	416,6	250,8	350,5	350,0	427,7	307,4	390,1
Średnio dla gatunku	363,1						346,1					
Koszty ogółem (zł·ha ⁻¹)	1975,3	2890,6	2735,4	3496,6	2408,9	3194,2	1923,1	2686,8	2683,2	3278,6	2356,7	2990,4
Średnio dla gatunku	2783,5						2653,1					
Dochód z działalności bez dopłat (zł·ha ⁻¹)	633,7	50,3	272,0	-279,0	595,7	70,5	1917,7	1602,7	1411,9	1226,4	1731,4	1422,8
Średnio dla gatunku	223,9						1552,1					
Dochód z działalności z dopłatami (zł·ha ⁻¹)	2256,0	1672,6	1894,3	1343,3	2218,0	1692,7	3540,0	3225,0	3034,2	2448,7	3353,7	3045,1
Średnio dla gatunku	1846,2						3174,4					
Korzyści z zaoszczędzonych kosztów (zł)	519,4						371,0					
Dochód końcowy z działalności (zł·ha ⁻¹)	2775,4	2192,0	2413,7	1862,7	2737,4	2212,1	3911,0	3596,0	3405,2	3219,7	3724,7	3416,1
Średnio dla gatunku	2365,6						3545,4					
Udział kosztów bezpośrednich w kosztach ogółem (%)	87,0						13,0					
Koszty bezpośrednie produkcji 1 dt ziarna (zł)	55	71	66	78	58	71	46	58	60	67	53	62
Średnio dla gatunku	66						58					

cd. tab. 4

Wyszczególnienie	Gatunek rośliny strączkowej											
	bobik						groch					
	sposób nawożenia											
	A*	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Koszt jednostkowy produkcji 1 dt ziarna (zł·dt ⁻¹)	62,8	81,6	75,5	90,2	66,5	81,2	53,1	66,4	69,5	77,1	61,1	71,8
Średnio dla gatunku	86,8						66,5					
Relacja wartości produkcji do kosztów ogółem (opłacalność) (%)	1,32	1,02	1,10	0,92	1,25	1,02	2,0	1,60	1,53	1,37	1,73	1,48
Średnio dla gatunku	1,08						1,62					
Udział dopłat w dochodzie końcowym (%)	58	74	67	87	59	73	41	45	48	50	44	47
Średnio dla gatunku	70						46					
Plon równoważący koszty bezpośrednio (t)	20,7	30,3	28,7	36,6	25,2	33,5	15,8	22,0	22,0	26,9	19,3	24,5
Średnio dla gatunku	29,2						21,8					

* oznaczenia jak w tabeli 1

Źródło: opracowanie własne

Znaczenie dopłat do powierzchni uprawy roślin strączkowych

W badaniach własnych udział dopłat w dochodzie końcowym z produkcji grochu i bobiku wynosił odpowiednio: 46 i 70%. Dopłaty do uprawy bobiku nawożonego słomą i pełną dawką NPK, obejmujące jednolitą, uzupełniającą płatność obszarową oraz specjalną płatność do uprawy roślin strączkowych, zapewniły pokrycie straty i wygenerowanie dochodu w wysokości 1862,3 zł i stanowiły 87% dochodu końcowego z działalności. Z badań Czerwińskiej-Kayzer i Florek (4) wynika, że dopłaty do uprawy grochu siewnego pastewnego w roku 2011 stanowiły ok. 29% dochodu ogółem. Znaczenie dopłat do uprawy roślin strączkowych podkreślają również Bojarszczuk i Księżak (1), w badaniach których uwzględnienie dopłat w decyzyjnym rachunku kosztów powodowało uzyskanie opłacalności uprawy łubinu żółtego. Wprowadzenie płatności obszarowych ma zatem znaczący wpływ na dochód rolniczy (3, 24). Znaczny wzrost opłacalności uprawy roślin strączkowych nastąpił wraz z wprowadzeniem w 2010 r. specjalnej płatności obszarowej do powierzchni upraw roślin strączkowych (3).

Ryzyko dochodowe i cenowe produkcji roślin strączkowych

Ważnym czynnikiem decydującym o konkurencyjności i atrakcyjności określonej produkcji rolnej jest stabilność w uzyskiwaniu zaplanowanych dochodów (11). Zmienność warunków produkcji oznacza wzrost ryzyka dochodowego, na którego poziom wpływa zarówno ryzyko produkcyjne, jak i cenowe. W przypadku grochu pastewnego stwierdzono w ostatnich latach dużą zmienność uzyskiwanych dochodów (o 103%), co wskazuje na wysoki poziom ryzyka dochodowego. Zdaniem Jerzaka (11) w przypadku grochu siewnego pastewnego ryzyko mierzone współczynnikiem zmienności kształtuje się na poziomie 26%. Generalnie ryzyko dochodowe uprawy roślin strączkowych w warunkach naszego kraju można uznać za wysokie. Jest ono w dużej mierze zdeterminowane wysokim ryzykiem produkcyjnym, w tym głównie zmiennością plonów. Bez wątpienia wprowadzenie dopłat do powierzchni uprawy roślin strączkowych spowodowało obniżenie poziomu ryzyka dochodowego (3, 24).

O poziomie ryzyka cenowego roślin strączkowych decyduje zmienność ich cen zarówno w długim, jak i w krótkim okresie. W długim okresie wyższe ryzyko cenowe występuje w przypadku grochu pastewnego i wynosi 17,4% (11). Zdaniem autora ryzyko cenowe roślin strączkowych można uznać jako średnie, jednak w latach 2009 i 2012 współczynniki zmienności nie przekroczyły 10%, co oznaczało mniejsze wahania cen, a tym samym niższe ryzyko prowadzonej działalności.

Wydajność i koszt produkcji białka

Plon białka ogólnego jest wypadkową plonu nasion oraz zawartości białka ogólnego w nasionach (16). Plon białka był zależny od gatunku rośliny strączkowej. Uprawa bobiku pozwoliła na uzyskanie łącznego plonu białka średnio o 6% wyższego niż uprawa grochu siewnego (tab. 5). Spośród analizowanych wariantów najwyższy plon białka zapewniała uprawa zarówno grochu, jak i bobiku nawożonych słomą i po zastosowaniu wiosną nawożenia mineralnego.

Ważnym czynnikiem decydującym o zasadności zastąpienia białka sojowego białkiem innych gatunków roślin strączkowych jest relacja kosztów wyprodukowania białka do ceny tego składnika zawartego w soi (23). Koszt produkcji 1 kg białka uzyskany z grochu i bobiku jest znacznie niższy niż koszt zakupu 1 kg białka w poekstrakcyjnej śrucie sojowej. Różnica w cenie wynosi ok. 40% średnio dla obu gatunków rośliny strączkowej. Najniższy koszt produkcji 1 kg białka zapewniła uprawa grochu na obiekcie kontrolnym. Wyniki badań Majchrzyckiego i in. (23) dowodzą, że koszt produkcji 1 kg białka bobiku i łubinu żółtego jest niższy od kosztu zakupu białka w postaci śruty poekstrakcyjnej, a przy najwyższym poziomie plonów dla gospodarstw wielkoobszarowych wynosi on 70% ceny 1 kg białka śruty sojowej. Katańska-Kaczmarek i in. (13) na podstawie porównawczej analizy kosztów produkcji 1 kg białka w mieszankach pasz treściwych wykazali, że nie ma wyraźnych różnic w cenach białka pomiędzy mieszankami paszowymi opartymi na soi i gatunkach krajowych roślin strączkowych, przy czym koszt 1 kg białka paszy otrzymanej przy udziale grochu, bobiku oraz łubinu żółtego jest nawet nieznacznie niższy.

Tabela 5

Wydajność i koszty produkcji 1 kg białka z uprawy bobiku i grochu

Wyszczególnienie	Gatunek rośliny strączkowej											
	bobik						groch					
	sposób nawożenia											
	A *	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Cena poekstrakcyjnej śruty sojowej (zł·t ⁻¹)	2060,0											
Cena białka poekstrakcyjnej śruty sojowej (zł·kg ⁻¹)	4,58											
Zawartość białka ogólnego (%)	27,25	27,28	28,13	27,63	28,03	27,56	23,94	23,38	24,0	23,84	24,09	23,34
Średnio dla gatunku	27,65						23,77					
Plon białka (kg·ha ⁻¹)	856,5	966,5	1019,2	1071,2	1014,7	1083,9	867,4	946,2	927,1	1013,2	929,2	971,6
Średnio dla gatunku	1002,0						942,4					
Koszt 1 kg białka (zł)	2,31	2,99	2,68	3,26	2,37	2,02	2,22	2,84	2,89	3,24	2,54	3,08
Średnio dla gatunku	2,61						2,80					

cd. tab. 5

Wyszczególnienie	Gatunek rośliny strączkowej											
	bobik						groch					
	sposób nawożenia											
	A*	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Relacja koszt/cena	0,50	0,65	0,59	0,71	0,52	0,44	0,48	0,62	0,63	0,71	0,55	0,67
Średnio dla gatunku	0.57						0.61					

* oznaczenia jak w tabeli 1

** według cen 1 tony śruty sojowej (32, 33, 34)

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Najwyższy poziom plonów zapewniła uprawa grochu nawożonego słomą z zastosowaniem pełnego nawożenia mineralnego. Uzyskany plon był tylko nieznacznie wyższy niż w przypadku grochu uprawianego po międzyplonie wysiewanym jesienią z zastosowaniem dawki nawożenia NPK.

Spśród ocenianych gatunków roślin strączkowych bardziej opłacalną okazała się produkcja grochu siewnego pastewnego, który na każdym etapie rachunku kosztów wskazywała na przewagę przychodów nad kosztami.

Najwyższy poziom nadwyżki bezpośredniej, określającej poziom pokrycia kosztów bezpośrednich wartości produkcji (bez dopłat), zapewniła uprawa grochu siewnego uprawianego w stanowisku po międzyplonie oraz po zastosowaniu pełnego nawożenia mineralnego i była ponad dwukrotnie wyższa od nadwyżki uzyskanej z uprawy bobiku uprawianego tym sposobem.

Czynnikami decydującymi o poziomie nadwyżki bezpośredniej oraz dochodu z prowadzonej produkcji są koszty zabiegów agrotechnicznych oraz dopłaty do powierzchni uprawy roślin strączkowych.

Najwyższe koszty bezpośrednie generowała uprawa obu ocenianych gatunków roślin strączkowych nawożonych słomą z zastosowaniem nawożenia mineralnego. Natomiast najniższy poziom kosztów zanotowano, gdy rośliny strączkowe uprawiano bez nawożenia organicznego i mineralnego.

Przeprowadzona kalkulacja opłacalności uprawy bobiku i grochu wskazuje na ekonomiczne uzasadnienie zwiększenia powierzchni ich uprawy. Dodatkową korzyścią z uprawy tych gatunków jest pozostawienie wartościowego stanowiska dla roślin następczych, co umożliwia ograniczenie kosztów ich nawożenia.

Literatura

1. Bojarszczuk J., Księżak J.: Opłacalność uprawy mieszanek łubinu żółtego ze zbożami jarymi. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014, **41(15)**: 85-98.
2. Borówczak F., Rębarz K.: Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy grochu siewnego odmiany Agra. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2007, **522**: 167-175.
3. Czerwińska-Kayzer D., Florek J.: Dochodowość uprawy wybranych roślin strączkowych a ryzyko dochodowe i produkcyjne. *Zesz. Nauk. SGGW*, 2012a, **12(4)**: 25-36.
4. Czerwińska-Kayzer D., Florek J.: Opłacalność wybranych upraw roślin strączkowych. *Fragm. Agron.*, 2012b, **4**: 36-44.
5. Duer I., Fotyma M., Madej A. (red.): Kodeks dobrej praktyki rolniczej. MRiRW – MŚ – FAPA Warszawa, 2002. ss. 96.
6. Florek K., Czerwińska-Kayzer D., Jerzak M.A.: Aktualny stan i wykorzystanie produkcji upraw roślin strączkowych. *Fragm. Agron.*, 2012, **4**: 45-55.
7. Grabowska K., Banaszkiewicz B.: Wpływ temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na plonowanie grochu siewnego w środkowej Polsce. *Acta Agroph.*, 2009, **13(1)**: 113-120.
8. Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2014 roku. GUS, Warszawa 2015.
9. Harasim A.: Gospodarowanie słomą. IUNG-PIB, Puławy 2011, ss. 77.
10. Jaskulska I., Gałęzewski L.: Aktualna rola międzyplonów w produkcji roślinnej i środowisku. *Fragm. Agron.*, 2009, **3**: 48-57.
11. Jerzak M.: Uwarunkowania rozwoju produkcji i rynku rodzimych roślin strączkowych na cele paszowe w Polsce. W: *Uprawa roślin strączkowych w Polsce*, J. Księżak (red.), Warszawa FAPA, 2015 (w druku).
12. Jerzak M., Czerwińska-Kayzer D., Florek J., Śmiglak-Krajewska M.: Determinanty produkcji roślin strączkowych jako alternatywnego źródła białka – w ramach nowego obszaru polityki rolnej w Polsce. *Rocz. Nauk Rol.*, 2012, Seria G., **99(1)**: 113-120.
13. Katańska-Kaczmarek A., Majchrzycki D., Mikulski W.: Ekonomiczne aspekty wykorzystania roślin strączkowych w uprawie polowej i żywieniu zwierząt gospodarczych w dobie biopaliw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2007, **522**: 239-246.
14. Kopiński J., Matyka M.: Regionalne zróżnicowanie produkcji i opłacalności upraw roślin strączkowych pastewnych na nasiona w Polsce. *Pol. J. Agron.*, 2012, **10**: 9-15.
15. Kulig B.: Uprawa roślin strączkowych, 2009, (<http://matrix.ar.krakow.pl>).
16. Kulig B., Pisulewska E., Ziółek W., Antoniewicz A.: Wpływ sposobu zbioru na plonowanie i jakość białka nasion dwóch odmian grochu siewnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1997, **446**: 147-152.
17. Kundzewicz Z.W., Kozyra J.: Ograniczenie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. *Pol. J. Agron.*, 2011, **7**: 68-81.
18. Kuś J.: Produkcyjne i siedliskowe konsekwencje zmian w produkcji rolniczej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2010, **22**: 65-86.
19. Kuś J., Madej A., Kopyński J.: Bilans słomy w ujęciu regionalnym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2006, **3**: 211-226.
20. Kwiatkowski C.A.: Rola międzyplonów we współczesnym rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2012, **28(2)**: 79-95.

21. Maćkowiak C.: Bilans substancji organicznej w glebach Polski. Biul. Inf. IUNG, 1997, **5**: 4-5.
22. Majchrzycki D., Pepliński B.: Ekonomiczne aspekty uprawy roślin strączkowych na paszę. Roczn. Nauk. SERiA, 2001, **3(5)**: 231-236.
23. Majchrzycki D., Pepliński B., Baum R.: Opłacalność uprawy roślin strączkowych jako alternatywnego źródła białka paszowego. Roczn. AR Poznań, 2002, Ser. Ekon., **343(1)**: 129-136.
24. Majewski E., Wąs A.: Znaczenie płatności bezpośrednich jako czynnika stabilizującego dochód rolniczy na przykładzie wybranych typów gospodarstw ZN SGGW, Warszawa 2009, T. II. **51**: 235-248.
25. Mazur Z., Mazur T.: Znaczenie obornika i słomy w intensywnym nawożeniu mineralnym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2006, **512**: 427-432.
26. Ostrowski M., Daczevska M.: Plonowanie mieszanek zbożowo-strączkowych w warunkach Wielkopolski oraz wartość pokarmowa kiszzonek i suszu dla przeżuwaczy. Roczn. Nauk Zoot., 1993, **20(2)**: 157-169.
27. Płaza A., Ceglarek F., Buraczyńska D.: Research into the after-effect of undersown intercrops and straw on winter triticales. EJPAU, 2005, **8(2)**, #24 www.ejpau.media.pl/volume8/issue2/art-24.html.
28. Płaza A., Ceglarek F., Buraczyńska D., Rudziński R.: Ocena plonowania mieszanek grochu siewnego z pszenicą jarą uprawianych w rejonie Siedlec. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2007, **516**: 153-159.
29. Podleśny J., Księżak J.: Aktualne i perspektywiczne możliwości produkcji nasion roślin strączkowych w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **14**: 111-132.
30. Prusiński J., Kaszkowiak E., Borowska M.: Wpływ nawożenia i dokarmiania roślin azotem na plonowanie i strukturalne elementy plonu nasion bobiku. Fragm. Agron., 2008, **4**: 111-127.
31. Puła J., Łabza T.: Następce działanie nawożenia organicznego na jęczmień jary. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **470**: 91-98.
32. Rynek pasz. Stan i perspektywy, IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW, 2013, Warszawa, seria: Analizy Rynkowe, **34**: 31.
33. Rynek pasz. Stan i perspektywy, IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW, 2014, Warszawa, seria: Analizy Rynkowe, **35**: 31.
34. Rynek pasz. Stan i perspektywy, IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW, 2015, Warszawa, seria: Analizy Rynkowe, **36**: 31.
35. Skrzyczyński T., Boligłowa E., Starczewski J.: Wartość przedplonowa roślin strączkowych dla jęczmienia jarego i pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 1992, **4**: 35-42.
36. Smagacz J.: Możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Pam. Puł. 2003, **132**: 395-402.
37. Szukała J.: Nowe trendy w agrotechnice roślin strączkowych i sposoby zwiększania opłacalności uprawy. Mat. Komisji Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Warszawa, 2012, **45**: 8-10.
38. Szukała J., Mystek A.: Wydajność paszowa łubinu żółtego uprawianego w siewie czystym i w mieszkach odmianowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, **516**: 237-246.
39. Śmiałak-Krawiec M.: Ekonomiczne aspekty uprawy oraz wykorzystania cele paszowe roślin strączkowych w Polsce. Roczn. Nauk. SERiA, 2012, **14(3)**: 411-415.
40. Woźniak A.: Wpływ wsiewek poplonowych i nawożenia organicznego na plonowanie, zachwaszczenie i zdrowotność pszenżyta ozimego w monokulturze. Cz. I. Plon ziarna. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **470**: 75-82.

41. W r z a s z c z W.: Bilans glebowej substancji organicznej w gospodarstwach indywidualnych objętych rachunkowością rolną FADN. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2010, **19**: 69-89.
-

Adres do korespondencji:

dr Jolanta Bojarszczuk
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8,
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 796
e-mail: Jolanta.Bojarszczuk@iung.pulawy.pl

Kazimierz Noworolnik

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WYBRANE ZAGADNIENIA INTEGROWANYCH TECHNOLOGII UPRAWY MIĘDZYODMIANOWYCH MIESZANEK ZBÓŻ JARYCH I OZIMYCH*

Słowa kluczowe: mieszanki odmianowe, zboża jare, zboża ozime, czynniki agrotechniczne, plony ziarna

Wstęp

W zasiewach mieszanych zbóż oprócz mieszanek międzygatunkowych uprawiane są także mieszanki odmianowe danego gatunku. Powoli wzrasta w naszym kraju popularność mieszanek odmianowych jednego gatunku, głównie jęczmienia jarego, a także pszenicy ozimej i jarej. Co prawda wierność plonowania mieszanek międzyodmianowych zbóż jest trochę mniejsza niż mieszanek międzygatunkowych, ale ich wartość paszowa jest wyższa od mieszanek międzygatunkowych z udziałem owsa oplewionego. Ich zaletą jest większa odporność na choroby (zwłaszcza mączniaka), uzyskana dzięki doborowi 3 odmian, z których każda jest odporna na inną rasę patogenu. Ponadto zaletą mieszanek odmianowych w stosunku do mieszanek międzygatunkowych jest zbliżona wartość paszowa komponentów. Ograniczenie zużycia chemicznych środków ochrony roślin i jednolitość gatunkowa ziarna są przesłankami do zwiększania uprawy mieszanek odmianowych w naszym kraju. Znaczącą popularność uzyskały one we wschodnich Niemczech (8, 9, 32).

Prognozy zmian struktury zasiewów w naszym kraju przewidują stopniowe zmniejszanie areалу międzygatunkowych mieszanek zbóż (zwłaszcza z udziałem owsa oplewionego będącego złą paszą dla trzody chlewnej i drobiu), a zwiększenie uprawy mieszanek odmianowych w obrębie gatunku (w szczególności jęczmienia i pszenicy). Mieszanki odmian nadają się do zalecanego obecnie w Unii Europejskiej integrowanego systemu rolnictwa, gdyż wprowadzenie bioróżnorodności upraw pozwala na lepsze wykorzystanie przez nie zasobów środowiska i ogranicza rozwój patogenów zbóż (39). Mieszanki odmian cechują się wierniejszym plonowaniem,

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

a w przypadku dużego nasilenia chorób dają wyższe plony ziarna niż czyste zasiewy odmian (1, 8, 9, 12, 13, 26, 33-36, 42, 43).

Przesłanki wierniejszego plonowania mieszanek odmianowych zbóż i ich odporności na choroby

W ramach obowiązującego już u nas systemu integrowanej ochrony roślin zwiększa się znaczenie pełniejszego wykorzystania odmian odpornych na choroby i inne agrofagi w warunkach produkcyjnych. Warunkiem powodzenia hodowli jest wprowadzenie różnych, efektywnych genów odporności do nowych odmian. Racjonalne wykorzystanie tej odporności w uprawie zbóż polega na jej maksymalnym zróżnicowaniu w czasie i przestrzeni (uprawa w danym rejonie odmian różniących się genami odporności). Wprowadzenie odporności rasowo-specyficznej (popularnej wśród hodowców) skutkuje dużą efektywnością w ograniczaniu chorób poprzez skuteczność przeciwko niektórym rasom patogenu (10, 11, 39). Różne odmiany są odporne na odmienne patogeny. Uprawa zbóż w zasiewach mieszanych zwiększa bioróżnorodność na polach, co powoduje lepsze wykorzystanie zasobów środowiska i uruchamia biologiczne mechanizmy regulacji nasilenia patogenów w łanie. Najważniejszymi z tych mechanizmów są:

- zmniejszenie ilości tkanki podatnej na patogeny na jednostce powierzchni ładu, gdyż w mieszance uczestniczy odmiana odporna na daną rasę choroby;
- działanie roślin odpornych jako „barier” fizycznych dla rozprzestrzeniania się materiału zakaźnego w łanie;
- zjawisko indukowanej odporności (immunizacji biologicznej); rośliny nabywają odporności w następstwie wcześniejszego kontaktu żywiciela z patogenem;
- istnienie różnic w poziomach odporności częściowej odmian w zasiewie mieszanym;
- interakcje między zjawiskami chorobowymi i innymi (zjawiska komplementacji, kompensacji, konkurencyjności, tolerancji).

Efekt komplementacji związany jest z wzajemnie korzystnym oddziaływaniem na siebie składników siewu mieszanego w sezonie wegetacyjnym. Zjawisko to przyczynia się do pełniejszego wykorzystania przestrzeni życiowej (woda, składniki pokarmowe, światło) przez rośliny. Efekt kompensacji polega na lepszym wykorzystaniu przez jeden z komponentów mieszaniny przestrzeni życiowej, która nie została w pełni wykorzystana przez inne komponenty, mniej tolerancyjne na dane warunki siedliska. Pojęciem konkurencji określamy właściwości odmiany, która charakteryzuje się np. szybszym rozwojem i lepiej opanowuje przestrzeń życiową, ograniczając przez to rozwój pozostałych odmian w zasiewie mieszanym (10, 11, 39). Korzystnie jest, gdy odmiana bardziej konkurencyjna charakteryzuje się jednocześnie większą odpornością na choroby.

Zmniejszona skuteczność rozprzestrzeniania się materiału zakaźnego w łanie mieszanin odmianowych wynika stąd, że zarodniki wytwarzane na roślinach jednej

z dwóch lub trzech odmian, nie są w stanie dzięki barierom genetycznym, zainfekować pozostałych odmian. Ilość tkanki podatnej na wtórne infekcje w łanie mieszanek odmianowych jest zmniejszona, gdyż na każdej jednostce powierzchni łanu rosną obok siebie rośliny dwóch lub trzech odmian, o odmiennej odporności genetycznej. Materiał zakaźny wytwarzany na którejkolwiek z nich nie poraża roślin pozostałych odmian. W przypadku mieszanki trójskładnikowej ilość tkanki dostępnej dla zarodników jest zmniejszona do jednej trzeciej w porównaniu z odmianami w siewie czystym (39, 41). W łanie mieszanek odmianowych obserwuje się mniejsze zachwaszczenie (3, 24, 33, 44, 45), słabsze porażenie przez szkodniki (3, 24, 40) i lepszą odporność na wyleganie ze względu na wytwarzanie niższych i elastyczniejszych źdźbeł (6, 8, 21, 39).

Zwiększona zdrowotność łanu mieszanek odmianowych i czynniki lepszego wykorzystania warunków siedliska ograniczają do minimum potrzebę stosowania chemicznych środków produkcji. Bioróżnorodność w łanie sprzyja wyższym i stabilniejszym plonom mieszanek odmianowych, co podkreśla zasadność ich uprawy w systemie rolnictwa integrowanego (23, 25, 28, 31, 34, 37, 39).

W licznych doświadczeniach stwierdzono racjonalność uprawy mieszanek odmianowych zbóż jarych (1–6, 8, 12, 13, 20–24, 26, 33, 36, 38, 43–46) oraz ozimych (8, 9, 12, 14, 40, 42). W latach niewielkiego nasilenia patogenów w łanie plony ziarna mieszanek odmianowych były trochę wyższe lub podobne do średnich plonów odmian w siewie czystym, które uczestniczyły w mieszance. W przypadku średniego nasilenia patogenów plony ziarna mieszanin odmianowych były podobne do plonu odmiany najwyższej plonującej spośród odmian uczestniczących w mieszance lub trochę wyższe. Przy dużym nasileniu chorób zwyczajka plonu mieszanin w porównaniu z plonami odmian w siewie czystym wahała się w granicach 3–7% (tab. 1, 4, 5, 7). Mieszanki trzech odmian plonują z reguły wyżej niż mieszanki dwóch odmian (tab. 1) (33, 42–46). Zwyczajka plonu mieszanek w stosunku do plonów odmian w siewie czystym była efektem lepszego rozkrzewienia roślin w mieszance i większej przez to liczby kłosów na jednostce powierzchni łanu (tab. 1, 2, 4, 6, 8).

Tabela 1

Plonowanie wybranych mieszanek odmianowych jęczmienia jarego i odmian w siewie czystym w zależności od systemu uprawy

Cecha	Odmiany	Plodozmian	Monokultura	Średnio
Plon ziarna (t·ha ⁻¹)	Rodos	5,48	4,63	5,06
	Rambo	5,61	4,78	5,20
	Rambo + Start	5,86	4,66	5,26
	Rodos + Rambo + Start	5,90	4,85	5,38
Liczba kłosów (szt·m ²)	Rodos	527	449	488
	Rambo	537	478	507
	Rambo + Start	573	481	527
	Rodos + Rambo + Start	579	488	533

Źródło: Stępień, 2003 (33)

Dobór odmian zbóż jarych i ozimych do mieszanek

Do mieszanek powinny być dobierane odmiany reprezentujące różne typy genetycznej odporności na choroby (głównie mączniaka), nie różniące się znacznie wysokością roślin i terminem osiągnięcia dojrzałości pełnej ziarna. Najważniejszym kryterium pod tym względem jest zróżnicowanie odporności genetycznej na mączniaka i inne choroby (10–13). W przypadku wyraźnej różnicy długości pędów produkcyjnych odmian w mieszance – odmiany wyższe zacieniają odmiany niższe, co ujemnie wpływa na plennność tych drugich. Prawidłowa architektura łanu zbóż polega bowiem na wyrównaniu roślin odnośnie ich wysokości i stopnia rozkrzewienia. Mieszanek odmian uprawia się na paszę, dlatego oprócz dużego plonu ważna jest wysoka zawartość białka w ziarnie. Dobór odmian zbóż do mieszanek nie może być przypadkowy. Mieszanek odmian jęczmienia jarego na cele browarne nie sprawdziły się w praktyce, z powodu złego wyrównania ziarna ujemnie wpływającego na proces słodowania. Na glebach o nieuregulowanym odczynie pożądane są odmiany bardziej tolerancyjne na niższe pH gleby. Na glebach żyznych należy uwzględniać odmiany odporniejsze na wyleganie.

Na podstawie całokształtu cech morfologiczno-rolniczych proponuje się następujące zestawy odmian zbóż (23, 25, 28, 29, 31) do uprawy w mieszanekach na cele pastewne:

Zestawy odmian jęczmienia jarego

Na glebach dobrych:

Mercada + Kirsty + Frontier; Skald + Skarb + Rubinek;
Nagradowicki + Tocada + KWS Olof
Skarb + Tocada + Suveren.

Na glebach słabszych:

KWS Olof + Skald + Rufus;
Bryl + Skarb + KWS Olof
Atico + Suveren + Rufus

Natomiast do uprawy na cele spożywcze (kasza, płatki) proponuje się dwa zestawy odmian jęczmienia jarego:

Rubinek + Mercada + Kirsty
Nagradowicki + Tocada + Skarb

Zestawy odmian pszenicy jarej

Na glebach bardzo dobrych:

Trappe + Cytra + Tybalt
Trappe + Nawra + Monsun

Na glebach dobrych:

Trappe + Nawra + Tybalt

Łagwa + Ostka Smolicka + Katoda

Na glebach słabszych:

Żura + Korynta + Hewilla

Łagwa + Kandela + Raweta.

Na glebach kwaśniejszych:

Bryza + Kandela + Nawra.

Zestawy odmian jęczmienia ozimego

Największe prawdopodobieństwo wysokiego plonowania występuje dla zestawów:

Merlot + Maybrit + Epoque;

Merlot + Rosita + Traminer

Fridericus + Karakan + Scarpia.

W rejonach najzimniejszych racjonalna jest uprawa mieszanki odmian o lepszej mrozoodporności:

Bażant + Lomerit + Karakan,

a w warunkach długiego zalegania pokrywy śnieżnej odpowiednia jest mieszanka odmian odporniejszych na pleśń śniegową:

Scarpia + Merlot + Epoque (w rezerwie Rosita).

Lepszą wymłacalność gwarantuje mieszanka odmian dwurzędowych:

Metaxa + Nickela + Wintmalt.

Zestawy odmian pszenicy ozimej

Rapsodia + Meteor + Kris (na żyzne gleby),

Markiza + Mewa + Satyna (w średnich warunkach glebowych)

Bogatka + Nadobna + Nutka (w gorszych warunkach glebowych).

W rejonach najzimniejszych zaleca się mieszankę:

Bogatka + Mewa + Kobiera (w rezerwie Satyna).

Zestawy odmian pszenżyta ozimego

– na dobrych glebach bardziej przydatne są mieszanki odmian odporniejszych na wyleganie:

Fredro + Tulus + Witon; Fredro + Tulus + Leontino; Pizarro + Sorento + Leontino;

Cerber + Elpaso + Trigold; Borwo + Pigmej + Gniewko

– mieszanki odmian odporniejszych na wymarzenie:

Pizarro + Trismart + Todan; Pizarro + Trismart + Pawo;

Trismart + Todan + Moderato;

Grenado + Alekto + Baltico

Agrotechnika mieszanek odmian jęczmienia jarego i pszenicy jarej

Wpływ poszczególnych czynników agrotechnicznych na plonowanie mieszanek odmian zbóż jest zasadniczo podobny jak na plonowanie czystych siewów odmian (2, 3, 14, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 46). Pewne nieduże różnice dotyczą tylko gęstości i terminu siewu oraz nawożenia azotem.

Najlepszymi przedplonami dla mieszanek odmian jęczmienia jarego i pszenicy jarej są przede wszystkim rośliny nie zbożowe (ziemniak, burak, strączkowe, rzepak) oraz owies. Pszenica ma większe wymagania przedplonowe niż jęczmień, dlatego jest uprawiana w lepszych stanowiskach. W praktyce jęczmień jary jest uprawiany na części pól po później zbieranych roślinach nie zbożowych oraz po zbożach, przeważnie po pszenicy (14, 15, 19). Wartość stanowiska po zbożach można częściowo poprawić poprzez uprawę międzyplonów, głównie z roślin krzyżowych lub ich mieszanek z bobowatymi. Można przyjąć, że udany przyorany poplon zwiększa plon jęczmienia jarego o 5–10% (15). Z uwagi na słabsze porażenie mieszanek odmian przez choroby, lepiej od siewów czystych odmian nadają się one do uprawy w monokulturze jęczmienia, jako czynnik antyzmęczenia (33, 44, 45).

Uprawa roli pod mieszanki odmian powinna być taka sama jak dla czystych siewów odmian zbóż (wczesną wiosną brona lekka lub włoka, a przed siewem agregat uprawowy lub kultywator z broną) (7, 15, 19).

Spośród składników mineralnych stosowanych z nawozami największe znaczenie plonotwórcze ma azot. Wyniki doświadczenia (27) (tab. 2) określające reakcję mieszanek odmianowych jęczmienia jarego na dawki nawożenia azotem w porównaniu z odmianami w siewie czystym wskazują na tendencję do silniejszej dodatniej reakcji mieszanek odmianowych wyrażonej plonem na średnią dawkę N. Zwyżka plonu ziarna i liczby kłosów w wazonie mieszanin odmianowych na dużej dawce N była natomiast mniejsza niż odmian w siewie czystym (tab. 2). Można to tłumaczyć lepszą zdolnością mieszanin do silniejszego rozkrzewienia produkcyjnego roślin, co osłabia efekt takiego samego działania na rozkrzewienie wyższej dawki N. Dlatego optymalna dawka azotu dla mieszanin odmianowych może być trochę mniejsza niż odmian w siewie czystym.

Tabela 2

Wpływ nawożenia azotem na wielkość i strukturę plonu ziarna mieszanek odmianowych jęczmienia jarego i jego odmian w siewie czystym

Odmiany	Dawka N (g·wazon ⁻¹)	Plon ziarna (g·wazon ⁻¹)	Liczba kłosów (szt.·wazon ⁻¹)	Masa ziarna z kłosa (g)	Zawartość białka w ziarnie (% s. m.)
Mieszanina: Skarb + Suweren + Tocada	1	55,6	52,7	1,05	10,0
	2	70,9	71,6	0,99	13,1
	3	73,5	74,0	0,99	14,3
	średnio	66,3	65,7	1,01	12,4

cd. tab. 2

Odmiany	Dawka N (g·wazon ⁻¹)	Plon ziarna (g·wazon ⁻¹)	Liczba kłosów (szt.·wazon ⁻¹)	Masa ziarna z kłosa (g)	Zawartość białka w ziarnie (% s. m.)
Mieszanina: Skarb + Skald + Rubinek	1	54,7	52,9	1,03	10,3
	2	70,4	70,7	1,00	13,4
	3	72,8	73,3	0,99	14,5
	średnio	66,0	65,6	1,01	12,7
Skald	1	52,2	48,6	1,07	10,1
	2	64,8	60,5	1,06	13,4
	3	69,9	67,6	1,03	14,7
	średnio	62,3	58,9	1,05	12,7
Skarb	1	50,9	50,8	1,00	9,8
	2	63,2	62,5	1,01	13,1
	3	68,4	68,3	1,00	14,2
	średnio	59,2	60,7	0,98	12,4
Suweren	1	53,6	52,9	1,01	10,3
	2	66,2	64,8	1,02	13,5
	3	71,3	68,7	1,04	14,6
	średnio	63,7	62,1	1,02	12,8
NIR _{0,05} dla interakcji dawki N z odmianami		5,2	6,5	-	1,4

Źródło: opracowanie własne

Zalecane dawki składników mineralnych podano w tabeli 3. Fosfor i potas lepiej zastosować przedsiewnie, pod kultywator (choć na glebach zwięzłych można stosować pod orkę zimową). Azot w dawce poniżej 50 kg N·ha⁻¹ wysiewa się przed siewem, a wyższe jego dawki dzieli się: 60% przed siewem + 40% na początku fazy strzelania w źdźbło zbóż.

Tabela 3

Dawki składników mineralnych pod mieszanki odmian zbóż jarych*

Składnik mineralny	Jęczmień	Pszenica
Azot (kg·ha ⁻¹)	50–70	70–105
Fosfor (kg·ha ⁻¹)	40–70	45–80
Potas (kg·ha ⁻¹)	45–80	50–100

* górne granice przedziałów dawek stosować w warunkach niskiej zasobności gleby w składniki mineralne

Źródło: opracowanie własne

Liczba kłosów na jednostce powierzchni (główny element plonu ziarna zbóż) zależy w dużym stopniu od gęstości i terminu siewu (26, 30) (tab. 4, 6, 8). W przeprowadzonych badaniach (30) (tab. 4) obserwowano tendencję do słabszej reakcji mieszanek odmianowych jęczmienia jarego wyrażonej plonem na dużą gęstość siewu od odmian w siewie czystym. Można to tłumaczyć lepszą zdolnością mieszanek do silniejszego

rozkrzewienia produkcyjnego roślin (tab. 5), co sprawia możliwość uzyskania optymalnej liczby kłosów mieszanek na jednostce powierzchni przy trochę mniejszej gęstości siewu. W innych doświadczeniach (26) również mieszanki odmianowe plonowały znacznie wyżej, dzięki większej liczbie kłosów w łanie, słabiej reagując na dużą gęstość siewu (tab. 6 i 7). Podobny układ wyników wystąpił w mieszankach z nowszymi odmianami jęczmienia jarego (tab. 8 i 9).

Reakcja mieszanek odmianowych jęczmienia jarego wyrażona plonem ziarna i liczbą kłosów na jednostce powierzchni na opóźnienie terminu siewu była zbliżona (tab. 6 i 7) lub słabsza (tab. 8 i 9) w stosunku do odmian w siewie czystym. W warunkach opóźnienia terminu siewu można więc zalecać wysiew jednej z proponowanych mieszanin odmianowych zbóż jarych.

Tabela 4

Plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) trzech mieszanek odmianowych jęczmienia jarego i odmiany Dema
w zależności od gęstości siewu

Gęstość siewu (liczba nasion $\cdot m^{-2}$)	Mieszanka DBL*	Mieszanka DRL*	Mieszanka BRL*	Dema
250	6,33	6,41	6,28	6,40
300	6,41	6,43	6,38	6,50
350	6,47	6,48	6,47	6,64
400	6,53	6,62	6,61	6,82
NIR dla interakcji gęstości siewu z odmianami – 0,31				

* oznaczenie odmian: D – Dema, B – Bielik, L – Lot, R – Rudzik

Źródło: Noworolnik i Zarychta, 1996 (30)

Tabela 5

Liczba kłosów na $1 m^2$ trzech mieszanek odmianowych jęczmienia jarego i odmiany Dema
w zależności od gęstości siewu

Gęstość siewu (liczba nasion $\cdot m^{-2}$)	Mieszanka DBL*	Mieszanka DRL*	Mieszanka BRL*	Dema
250	681	675	654	644
300	694	709	687	666
350	730	731	719	699
400	745	758	739	730
NIR dla interakcji gęstości siewu z odmianami – 0,31				

* oznaczenie odmian: D – Dema, B – Bielik, L – Lot, R – Rudzik

Źródło: Noworolnik i Zarychta, 1996 (30)

Tabela 6

Plon ziarna ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) mieszanin odmianowych i odmian w siewie czystym jęczmienia jarego
w zależności od gęstości siewu i terminu siewu

Wyszczególnienie	Boss + Rambo + Rabel	Boss + Rambo + Bryl	Rabel	Bryl
Gęstość siewu (liczba nasion $\cdot \text{m}^{-2}$)				
250	686	657	676	650
350	837	830	840	828
450	959	947	882	902
Termin siewu:				
4–6 IV	927	915	903	900
18–22 IV	727	717	696	687
Średnio	827	816	800	793

Źródło: Noworolnik i Leszczyńska, 2001 (26)

Tabela 7

Liczba kłosów na 1 m^2 mieszanin odmianowych i odmian w siewie czystym jęczmienia jarego
w zależności od gęstości siewu i terminu siewu

Wyszczególnienie	Boss + Rambo + Rabel	Boss + Rambo + Bryl	Rabel	Bryl
Gęstość siewu (liczba nasion $\cdot \text{m}^{-2}$)				
250	678	741	622	615
350	828	825	786	840
450	951	894	865	885
Termin siewu:				
4–6 IV	870	843	824	867
18–22 IV	751	708	692	693
Średnio	819	820	758	780

Źródło: Noworolnik i Leszczyńska, 2001 (26)

Tabela 8

Plon ziarna ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) mieszanin odmianowych i odmian w siewie czystym jęczmienia jarego
w zależności od gęstości siewu i terminu siewu (2009–2010)

Wyszczególnienie	Skarb + Suveren + Tocada	Skarb + Skald + Rubinek	Skarb	Suveren
Gęstość siewu (liczba nasion $\cdot \text{m}^{-2}$)				
250	693 (100)*	685 (100)*	628 (100)*	656 (100)*
350	814 (117)	815 (119)	775 (123)	796 (121)
450	875 (126)	867 (127)	854 (136)	862 (131)
Termin siewu:				
4–6 IV	876 (100)*	884 (100)*	842 (100)*	850 (100)*
18–22 IV	763 (87)	776 (88)	709 (84)	721 (85)
Średnio	820	831	775	786

* %

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9

Liczba kłosów na 1 m² mieszanin odmianowych i odmian w siewie czystym jęczmienia jarego w zależności od gęstości siewu i terminu siewu

Wyszczególnienie	Skarb + Suweren + Tocada	Skarb + Skald + Rubinek	Skarb	Suweren
Gęstość siewu (liczba nasion · m ⁻²)				
250	683 (100)*	676 (100)*	615 (100)*	615(100)*
350	821 (120)	817 (121)	772 (126)	784 (122)
450	897 (131)	891 (132)	876 (142)	880 (137)
Termin siewu:				
4–6 IV	870 (100)*	862 (100)*	828 (100)*	837 (100)*
18–22 IV	765 (88)	776 (90)	697 (84)	716 (86)
Średnio	818	820	762	776

* %

Źródło: opracowanie własne

Gęstość siewu nasion mieszanek odmian zależy od jakości gleby (23, 24, 29) (tab. 10). Udział każdej odmiany w materiale siewnym wynosi jedną trzecią. Ziarno siewne powinno być zaprawiane jednym z wielu dostępnych na rynku preparatów. Termin siewu powinien być jak najwcześniejszy, a w przypadku jego opóźnienia (po 10 kwietnia) należy zwiększyć wysiew nasion o 3-10%, w zależności od stopnia opóźnienia.

Tabela 10

Normy wysiewu nasion mieszanin odmian zbóż jarych dla różnych warunków glebowych (kg · ha⁻¹)*

Kompleks glebowy	Jęczmień	Pszenica
Pszenny bardzo dobry	110–125	170–185
Pszenny dobry		
Żytni bardzo dobry zbożowo-pastewny mocny	115–135	180–200
Żytni dobry	125–145	200–220**
Pszenny wadliwy		

* górne granice przedziałów stosować przy wysokiej masie 1000 ziaren i słabszej zdolności kiełkowania nasion

** uprawa możliwa po przedplonie niezbożowym

Źródło: opracowanie własne

Uprawa mieszanek odmian zbóż jarych umożliwia mechaniczne zwalczanie chwastów w łanie (bronowanie na początku fazy krzewienia), a w ostateczności oprysk jednym z herbicydów (dostosowanym do rodzaju dominujących chwastów) pod koniec krzewienia (23, 29). Środki ochrony roślin zwalczające choroby i szkodniki stosujemy w przypadku dużego nasilenia agrofagów (co w przypadku mieszanek odmian jest zjawiskiem rzadkim). Właściwy jest kombajnowy zbiór w fazie dojrzałości pełnej ziarna, przy jego wilgotności wynoszącej 16–19%.

Agrotechnika mieszanek odmian zbóż ozimych

Zasady agrotechniki mieszanek odmianowych zbóż ozimych są podobne jak dla czystych siewów odmian (16–18, 25, 28, 31, 39, 42). Uprawę tych zbóż prowadzi się na glebach kompleksów pszennych, na kompleksie żytnim bardzo dobrym, a także na żytnim dobrym (jeśli pozostają w dobrej kulturze). Przedplon powinien schodzić wcześniej z pola i zapewniać dobrą strukturę gleby sprzyjającą optymalnym stosunkom wodno-powietrznym. Do najlepszych przedplonów można zaliczyć rzepak i wczesne ziemniaki. W praktyce jęczmień ozimy jest często wysiewany po pszenicy ozimej. Spośród zbóż odpowiednim przedplonem może być jeszcze owies.

Uprawa roli zależy od przedplonu (7, 15, 19). Po rzepaku powinno się wykonać podorywkę z bronowaniem, które powtarza się po kolejnych wschodach chwastów, a następnie orkę siewną na głębokość 15–18 cm (z bronowaniem), 2 tygodnie przed siewem. Na glebach lżejszych okres odleżenia gleby może być trochę krótszy. Uprawa po wczesnych ziemniakach umożliwia zastosowanie brony talerzowej zamiast podorywki. Po zbiorze pszenicy przedplonowej (dla jęczmienia) korzystne jest wykonanie orki „razówki” na głębokość 25 cm pługiem z przedpłużkiem, a następnie zastosowanie agregatu uprawowego. Wówczas osypywane ziarno pszenicy zostanie przemieszczone na większą głębokość uniemożliwiającą wschody.

Nawożenie fosforem i potasem stosuje się przed orką siewną. Wielkość dawek nawozów zależy od zawartości form przyswajalnych tych składników w glebie i oczekiwanego poziomu plonu (tab. 11). Wapnowanie powinno być zastosowane pod przedplon, gdyż wykonane przed siewem zbóż nie jest skuteczne. Nawożenie azotem należy stosować wiosną – główna część dawki (60%) wczesną wiosną, a pozostała część w fazie początku strzelania w źdźbło. Górną dawkę należy stosować w warunkach gleb średnich, jeśli opady zimowe były powyżej normy, przedplon był nawożony małą dawką azotu, przy braku roślin bobowatych w zmianowaniu, małym nawożeniu obornikiem w zmianowaniu (poniżej 10 t·rok⁻¹) i przy wysokim poziomie agrotechniki. Dolną granicę dawki N stosuje się na glebach dobrych, przy małych opadach zimowych i wysokim nawożeniu organicznym i azotowym w zmianowaniu (16, 25, 28, 31).

Optimum terminu siewu jęczmienia ozimego (w tym mieszanek odmianowych) jest trudne do ustalenia, ze względu na jego ścisły związek z długością trwania jesieni, która jest nieprzewidywalna. W przypadku wczesnego nadejścia zimy wyższe plony jęczmienia otrzymuje się z wczesnych jego zasiewów (5–10 września). W warunkach długiej i cieplej jesieni wysoki plon jęczmienia można uzyskać z późnych jego zasiewów (20–25 września); przy siewie wczesnym nadmiernie wyrosnięte młode rośliny są porażone przez choroby i szkodniki oraz bardziej wrażliwe na wymarzenie lub wyprzenie (pod długo zalegającym śniegiem). Najlepiej więc wysiewać jęczmień w terminie średniowczesnym, tj. 10–15 września w rejonach wschodnich, 12–18 w rejonie centralnym i 16–20 września w rejonach zachodnich (16, 17, 18). Termin

siewu mieszanek odmianowych pszenżyta jest o 10 dni późniejszy od jęczmienia ozimego. Pszenicę można wysiewać o 2–3 tygodnie później od jęczmienia (31). Nasiona przeznaczone do siewu powinny charakteryzować się zdolnością kiełkowania powyżej 93% i masą 1000 ziaren powyżej 40 g. W celu ochrony przed chorobami w pierwszych fazach rozwoju należy nasiona zaprawić jednym z preparatów zalecanych przez IOR–PIB.

Ilość wysiewu mieszanek odmianowych zbóż zależy od jakości gleby (16, 25, 28, 31) (tab. 12). Trochę gęściej (o 3–8%) należy wysiewać przy opóźnieniu terminu siewu. Rozstawa rzędów powinna wynosić 12 cm, a głębokość siewu 3–4 cm.

Korzystne jest mechaniczne zwalczanie chwastów (bronowanie w pierwszej połowie fazy krzewienia), a w ostateczności oprysk jednym z herbicydów (dostosowanym do rodzaju dominujących chwastów) przy końcu krzewienia zbóż.

Tabela 11

Dawki nawożenia mineralnego dla mieszanek odmian zbóż ozimych

Składnik mineralny	Jęczmień	Pszenica	Pszenżyto
Azot ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	60–100*	75–130*	65–115*
Fosfor ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	40–80	55–90	60–90
Potas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	50–90	60–100	65–105

* górne granice przedziałów dawek stosować w warunkach niskiej zasobności gleby w składniki mineralne
Źródło: opracowanie własne

Tabela 12

Normy wysiewu mieszanek odmian zbóż ozimych w różnych warunkach glebowych ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
(górne granice przedziałów stosować przy wysokiej masie 1000 ziaren i słabszej zdolności kiełkowania nasion)

Kompleks glebowy	Pszenica	Jęczmień	Pszenżyto
Pszenny bardzo dobry	190–215	145–155	135–150
Pszenny dobry			
Żytni bardzo dobry	195–220	158–168	165–185
Zbożowo-pastewny mocny			
Żytni dobry	205–228*	173–187	185–200
Pszenny wadliwy			

* uprawa możliwa po przedplonie niezbóżowym

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Uprawa mieszanek odmian jęczmienia jarego i ozimego, pszenicy ozimej i jarej oraz pszenżyta ozimego jest korzystnym gospodarczo sposobem podnoszenia plonów z jednoczesnym obniżeniem kosztów produkcji wynikającym z częściowego eliminowania chemizacji i efektywnego wykorzystania walki biologicznej z chorobami.

Wskazane jest wysiewanie wewnątrzgatunkowych mieszanek 3 odmian (po 33,3% udziału) o zróżnicowanej odporności na główne choroby i zbliżonym terminie dojrzewania oraz podobnej wysokości roślin. Ważny jest dobór odpowiednich odmian dobrze wykorzystujących swą bioróżnorodność. Zestawy odmian jęczmienia i pszenicy do mieszanin zapewniają dobrą zdrowotność roślin w łanie (dzięki zróżnicowanej odporności genetycznej na mączniaka i inne choroby), a także dobrą odporność na wyleganie oraz zwiększoną plastyczność środowiskową. Lepsza zdrowotność mieszanin polega na tym, że roślina porażona daną rasą choroby jest otoczona roślinami innych odmian odpornych na tę rasę, które stanowią zaporę dla rozprzestrzeniania się tej choroby w łanie. Nasilenie mączniaka w uprawie mieszaniny odmian jest przeważnie o połowę mniejsze niż na odmianach w czystym siewie, co ogranicza do minimum stosowanie środków chemicznych do zwalczania tego patogenu. Podobnie ograniczane są inne choroby, co obniża koszty produkcji i zmniejsza skażenie środowiska naturalnego.

Dobór kilku odmian różniących się tolerancją na niektóre czynniki siedliskowe o charakterze ograniczającym (np. niskie pH gleby, niewystarczająca zasobność w składniki pokarmowe, niedobór wody lub powietrza w glebie, nieodpowiednie warunki meteorologiczne) zapewnia lepsze dostosowanie się mieszaniny do środowiska. Prowadzi to do wierniejszego jej plonowania w latach i rejonach, gdyż słabsze plonowanie jednej odmiany jest rekompensowane wyższą wydajnością innej odmiany lepiej dostosowanej do danych warunków. W praktyce najpopularniejsza jest uprawa mieszanin odmian jęczmienia jarego.

Zasady agrotechniki mieszanin odmianowych zbóż są podobne jak dla czystych siewów tych gatunków. Stwierdzono jedynie tendencję do słabszej reakcji mieszanek odmianowych zbóż wyrażonej plonem na dużą gęstość siewu, wyższą dawkę azotu od odmian w siewie czystym. Można to tłumaczyć lepszą zdolnością roślin w mieszkankach odmianowych do silniejszego rozkrzewienia produkcyjnego, co stwarza możliwość uzyskania optymalnej liczby kłosów takich upraw na jednostce powierzchni przy trochę mniejszej gęstości siewu i dawce azotu. Sprzyja to też lepszej tolerancji mieszanek odmianowych na opóźnienie terminu siewu.

Literatura

1. Artyszak A.: Mieszaniny odmianowe zbóż. *Post. Nauk Roln.*, 1994, **3**: 23-29.
2. Budzyński W., Dubis B.: Porównanie plonowania zbóż jarych w zasiewach czystych, międzygatunkowych i międzyodmianowych w świetle wieloletnich badań. W: *Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych*. AR Poznań, 1994, 75-82.
3. Dreiseitl A.: Odrudowe smesi jarniho jacmene. *Uroda*, 1989, **37(2)**: 60-62.
4. Dubis B., Szempliński W.: Plonowanie nieoplewionych i oplewionych odmian jęczmienia jarego w siewie czystym i mieszanym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2007, **516**: 27-36.
5. Dziamba S., Rachóń L.: Produktowność nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego uprawianych w siewie czystym i mieszkankach. *Fragm. Agron.*, 1992, **1**: 94-100.

6. D z i a m b a S., S t y k B.: Reakcja odmian jęczmienia jarego na uprawę w siewie mieszanym. Biul. IHAR, 1992, **181-182**: 177-180.
7. D z i e n i a S., Z i m n y L., W e b e r R.: Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.* 2006, **2**: 227-241.
8. F i n c k h M., M u n d t C.: Stripe rust, yield and plant competition in wheat cultivars mixtures. *Phytopathology*, 1992, **82**: 905-913.
9. F i n c k h M., G a c e k E., C z e m b o r H. J., W o l f e M.: Host frequency and density effects on powdery mildew and yield of mixtures of barley cultivars. *Plant Pathol.*, 1999, **48**: 807-816.
10. G a c e k E.: Wykorzystanie różnorodności genetycznej roślin w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. *Post. Nauk Rol.*, 2000, **5**: 17-25.
11. G a c e k E., C z e m b o r H. J., N a d z i a k J.: Wpływ zróżnicowania w mieszaninach i mieszkach zbożowych na rozwój chorób i plonowanie. *Biul. IHAR*, 1996, **200**: 203-209.
12. G a c e k E., C z e m b o r H. J., N a d z i a k J.: Zastosowanie mieszanin odmian do poprawy zdrowotności oraz wysokości plonowania pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*, 1997, **201**: 81-93.
13. G a c e k E., N a d z i a k J.: Zastosowanie mieszanin odmian do poprawy zdrowotności oraz plonowania jęczmienia jarego. *Biul. IHAR*, 2000, **214**: 143-158.
14. J a s t r z ę b s k a M.: Mieszanki odmianowe pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w płodozmianach zbożowych. *Rozpr. i Monogr. UW-M Olsztyn*, 2009, **151**.
15. K u ś J.: Uprawa roli w rolnictwie integrowanym. W: *Integrowana produkcja roślinna*, J. Podleśny (red.). Puławy 2007, 135-146.
16. L e s z c z y ń s k a D., N o w o r o l n i k K., B r z ó s k a F.: Uprawa jęczmienia ozimego na cele pastewne. *Instr. upowsz. IUNG-PIB, Puławy* 2008, **147**: 1-54.
17. L e s z c z y ń s k a D., N o w o r o l n i k K.: Wpływ terminu i gęstości siewu na przetrzymywanie i plonowanie kilku odmian jęczmienia ozimego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2002, **481**: 187-191.
18. L e s z c z y ń s k a D., N o w o r o l n i k K.: Porównanie reakcji wielorzędowych i dwurzędowych odmian jęczmienia ozimego na poziom nawożenia azotem i terminu siewu. *Biul. IHAR*, 2005, **164**: 227-236.
19. M a ł e c k a I.: Produktivność roślin w płodozmianie w zależności od systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 2006, **2**: 261-272.
20. M i c h a ł s k i T.: Plonowanie jęczmienia jarego z siewów jedno i wieloodmianowych. *Fragm. Agron.*, 1993, **14**: 91-92.
21. M i c h a ł s k i T.: Wzrost i plonowanie odmian jęczmienia jarego uprawianych w siewie czystym i mieszaninach. *Rocz. AR Poznań*, 1997, **295**: 81-88.
22. N o w o r o l n i k K.: Plonowanie odmian jęczmienia jarego w siewie czystym i mieszance odmian w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem na glebach kompleksu żytniego słabego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1990, **376**: 67-73.
23. N o w o r o l n i k K.: Uprawa mieszanin odmian jęczmienia jarego na cele pastewne i spożywcze. *Instr. upowsz. IUNG-PIB, Puławy* 2011, **185**: 1-24.
24. N o w o r o l n i k K.: Uprawa mieszanek zbożowych w Polsce na tle warunków przyrodniczych. *Wiś Jutra*, 2008, **4**: 22-23.
25. N o w o r o l n i k K., J a ś k i e w i c z B.: Integrowana produkcja mieszanin odmian pszenżyta ozimego. *Inst. wdroż. IUNG-PIB, Puławy* 2014, **229**: 1-27.
26. N o w o r o l n i k K., L e s z c z y ń s k a D.: Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie mieszanin odmian jęczmienia jarego. *Biul. IHAR*, 2001, **217**: 107-110.

27. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Porównanie reakcji odmian jęczmienia jarego na poziom nawożenia azotem. Biul. IHAR, 2002, **221**: 67-72.
28. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Integrowana uprawa mieszanin odmian jęczmienia ozimego na cele pastewne. Inst. upowsz. IUNG-PIB, Puławy 2011, **190**: 1-20.
29. Noworolnik K., Sułek A.: Technologia produkcji mieszanin odmian pszenicy jarej na cele paszowe. Inst. wdroż. IUNG-PIB, Puławy 2013, **224**: 1-17.
30. Noworolnik K., Zarychta M.: Plonowanie różnych mieszanek odmianowych jęczmienia jarego w zależności od gęstości siewu. IUNG, 1996, **R(332)**: 31-37.
31. Podolska G., Noworolnik K.: Technologia produkcji mieszanin odmian pszenicy ozimej na cele paszowe. Inst. wdroż. IUNG-PIB, Puławy 2013, **223**: 1-24.
32. Ramgraber L., Strass F., Zimmermann G.: Auswirkungen von Sortenmischungen auf den Krankheitsbefall und die Ertragsentwicklung von Winterweizen. Bayer. Landwirtsch. Jahrb., 1990, **67(3)**: 543-548.
33. Stępień A.: Mieszanki międzyodmianowe jako czynnik antyzmęczenia w monokulturze jęczmienia jarego. Praca doktorska, AR Lublin, 2003, 1- 54.
34. Sulewska H., Michalski T.: Dynamika zmian w powierzchni zasiewów i plonowaniu mieszanek zbożowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, **516**: 217-227.
35. Szempliński W.: Plonowanie nagich i oplewionych form owsa i jęczmienia jarego w siewie czystym i mieszanym. Biul. IHAR, 2003, **229**: 147-156.
36. Szempliński W., Budzyński W.: Cereal mixtures in polish scientific literature in the period 2003–2007. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2011, **10(2)**: 127-140.
37. Szumiło G., Rachon L.: Siewy czyste i mieszane nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego i owsa. Cz. 1. Efektywność ochrony chemicznej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, **516**: 247-256.
38. Szumiło G., Rachon L.: Siewy czyste i mieszane nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego i owsa. Cz. 2. Porównanie plonowania i zdrowotności. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, **516**: 257-265.
39. Tratwal A., Gacek E.: Znaczenie odmian odpornych na choroby i systemów różnicowania upraw w integrowanej ochronie jęczmienia. W: Integrowana produkcja jęczmienia ozimego i jarego, M. Korbas i M. Mrówczyński (red.). IOR-PIB, Poznań 2010, 30-34.
40. Tratwal A., Law J., Philpott H., Horwell A., Garner J.: The possibilities of reduction of winter barley chemical protection by growing variety mixtures. II. Effect on yield. J. Plant Prot. Res., 2007, **47(1)**: 79-86.
41. Tratwal A., Walczak F.: Powdery Mildew (*Blumeria graminis*) and pest occurrence reduction in spring cereals mixtures. J. Plant Prot. Res., 2010, **50(3)**: 372-377.
42. Tratwal A., Wielkopolań B., Bocianowski J.: Znaczenie mieszanek międzyodmianowych w ograniczaniu porażenia pszenicy ozimej przez mączniaka prawdziwego. Pol. J. Agron., 2012, **10**: 30-35.
43. Wesołowski M., Kwiatkowski C.: Wstępne wyniki badań nad plonowaniem mieszanek międzyodmianowych jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 1993, **4**: 89-90.
44. Wesołowski M., Kwiatkowski C.: Plonowanie i zachwaszczenie mieszanek międzyodmianowych jęczmienia jarego. I. Plonowanie. Ann. UMCS, Sect. E, 1998, **53(1)**: 1-5.
45. Wesołowski M., Kwiatkowski C.: Plonowanie i zachwaszczenie mieszanek międzyodmianowych jęczmienia jarego w kilkuletniej monokulturze. Rocz. AR Poznań, Roln., 2000, **325(58)**: 135-144.

46. Wielgo B., Dziamba S.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i wilgotności gleby na plonowanie odmian jęczmienia jarego w siewie czystym i mieszanym. Rocz. AR Poznań, Roln., 2000, **325(58)**: 135-144.
-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Kazimierz Noworolnik
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 818
e-mail: knoworolnik@iung.pulawy.pl

**Mariola Staniak, Jolanta Bojarszczuk, Beata Feledyn-Szewczyk,
Adam Kleofas Berbeć, Jerzy Książak**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

ZACHWASZCZENIE KUKURYDZY W RÓŻNYCH SYSTEMACH PRODUKCJI*

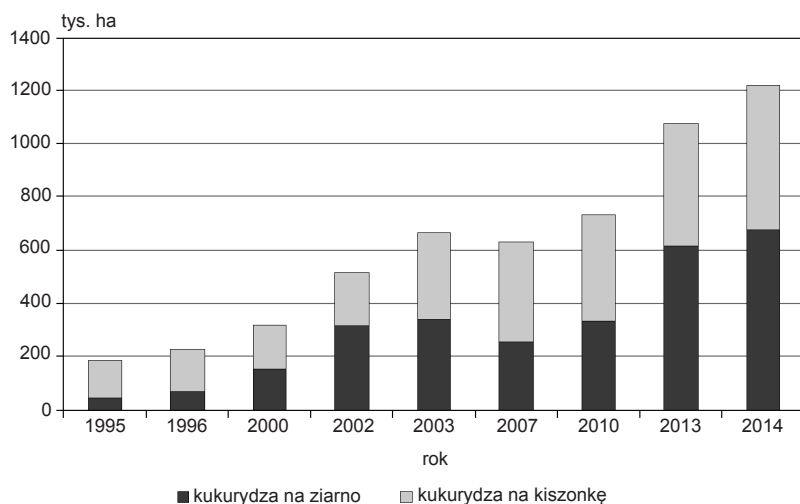
Słowa kluczowe: kukurydza, system konwencjonalny, system ekologiczny, flora segetalna

Wstęp

W Polsce po 2000 r. nastąpił dynamiczny wzrost powierzchni uprawy kukurydzy (rys. 1). W 2014 r. powierzchnia zasiewów tego gatunku wynosiła łącznie 1,2 mln ha i była o 13,3% wyższa niż w 2013 r. i 67,4% – niż w 2010 r. (28). Obecnie w ponad 103 tys. gospodarstw uprawiana jest kukurydza na ziarno, a w ponad 128 tys. – na zielonkę. Najwięcej kukurydzy na ziarno uprawia się w regionach Polski północno-zachodniej (173,9 tys. ha) i południowo-zachodniej (139,2 tys. ha), zaś na kiszonkę – w regionach centralnej (151,0 tys. ha) i wschodniej Polski (135,5 tys. ha) (rys. 2).

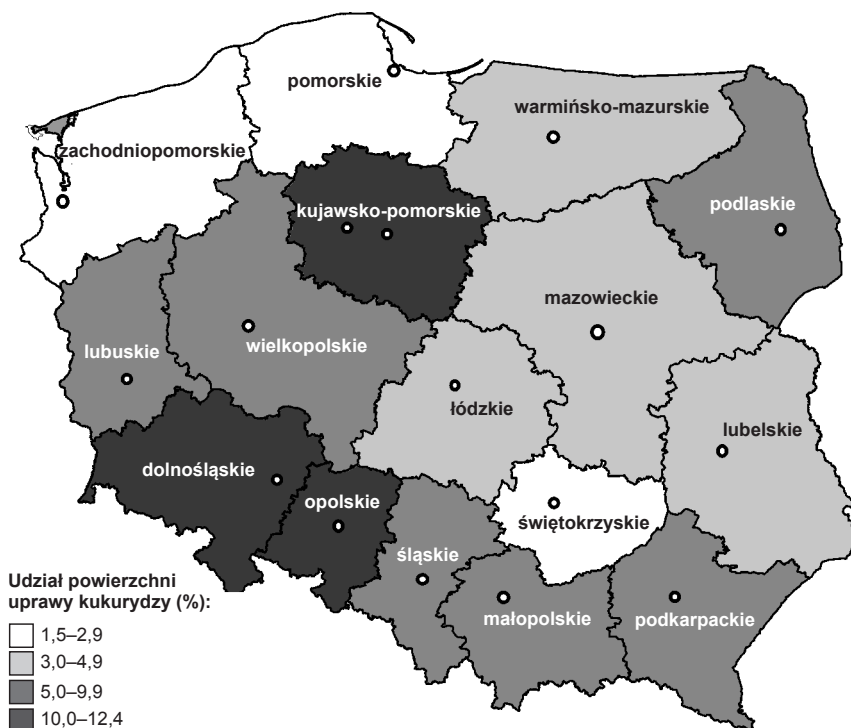
Kukurydza najlepiej rośnie na glebach dobrych, przepuszczalnych, ale w praktyce rolniczej często obserwuje się zasiewy tego gatunku także na glebach lekkich, gdzie wypiera żyto i mieszanki zbożowe, dając wyższy plon. Rosnącą konkurencyjność kukurydzy w stosunku do innych roślin zbożowych obserwujemy nie tylko na terenach o najlepszych warunkach klimatycznych, ale też w województwach północnych, gdzie ryzyko dojrzewania tego gatunku jest większe. Jedną z przyczyn zwiększającej się popularności kukurydzy wśród rolników, oprócz korzystnych dla roślin ciepłolubnych zmian klimatycznych, jest postęp biologiczny (3). Dzięki wyhodowaniu wczesnych, a jednocześnie plennych mieszańców ryzyko uprawy w mniej korzystnych warunkach jest coraz mniejsze. Ponadto zwraca uwagę fakt, że kukurydza w Polsce plonuje stosunkowo wysoko, od 30 do nawet 100%, wyżej niż inne zboża (tab. 1), dlatego jest chętnie uprawiana zwłaszcza w małych i średnich gospodarstwach (26).

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.



Rys. 1. Zmiany w powierzchni zasiewów kukurydzy uprawianej na ziarno i na kiszonkę w Polsce w latach 1995–2014

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2014 (28)



Rys. 2. Udział powierzchni uprawy kukurydzy na ziarno w powierzchni zasiewów ogółem w 2014 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2014 (28)

Tabela 1

Średnie plony (dt·ha⁻¹) kukurydzy ziarnowej w Polsce na tle plonów ziarna innych zbóż

Gatunek zboża	2001–2005	2006–2010	2011	2012	2013	2013 (%)
Kukurydza	57,5	56,6	71,8	73,5	65,8	100
Pszenica ozima	39,6	41,4	42,8	43,3	41,4	63
Pszenżyto ozime	32,9	33,5	33,9	34,2	33,5	51
Jęczmień jary	31,0	29,8	31,3	35,6	29,8	45

Źródło: Michalski, 2014 (26)

Flora segetalna w łanie kukurydzy

Wolny początkowy wzrost i rozwój kukurydzy, rzadki siew (7–10 roślin na 1 m²) oraz uprawa w szerokich rzędach (70–75 cm) stwarzają idealne warunki do rozwoju chwastów, konkurujących z nią o wodę i składniki pokarmowe, zwłaszcza do fazy 8-10 liścia (8, 35). Według A d a m c z e w s k i e g o i in. (2) chwasty stanowią dla kukurydzy największe zagrożenie spośród wszystkich agrofagów, ponieważ ograniczają jej wysoki, genetycznie uwarunkowany potencjał produkcyjny i pogarszają jakość plonu. Obecność chwastów na polu powoduje istotne straty plonów; do 13% przy stosowaniu metod zapobiegawczych, do blisko 30% w przypadku zaniechania jakiejkolwiek ochrony. Natomiast silna konkurencja ze strony gatunków uciążliwych i ich kompensacja na polu w skrajnych przypadkach może doprowadzić nawet do blisko 70% redukcji plonu ziarna kukurydzy (16). Zdaniem H r u s z k i (14), każde 10 sztuk chwastów na 1 m² obniża wydajność kukurydzy o blisko 0,57 t zielonej masy. Kukurydza należy do grupy roślin uprawnych późnego siewu, dlatego wiele gatunków chwastów, które charakteryzują się wczesnymi wschodami, może być zniszczonych zabiegami agrotechnicznymi już w czasie przygotowania gleby do siewu (1).

Skład zbiorowiska chwastów jest na ogół zróżnicowany, jednak wieloletnie obserwacje wskazują, że niektóre gatunki występują częściej w zasiewach kukurydzy niż innych roślin uprawnych. Są to: *Chenopodium album* (komosa biała), *Anthemideae* (rumianowate), *Elymus repens* (perz właściwy), *Echinochloa crus-galli* (chwastnica jednostronna), *Centaurea cyanus* (chaber bławatek), *Cirsium arvense* (ostrożeń polny), *Galium aparine* (przytulia czepna), *Sinapis arvensis* (gorczyca polna), *Thlaspi arvense* (tobołki polne), *Viola arvensis* (fiołek polny) (2). Inne gatunki, jak np. *Amaranthus retroflexus* (szarłat szorstki), *Galinsoga parviflora* (żóltlica drobnokwiatowa), *Polygonum* sp. (rdesty), *Stellaria media* (gwiazdnica pospolita) oraz *Setaria* sp. (włośnice) występują często regionalnie (2, 27). Wymienione wyżej taksony nie występują w jednakowym nasileniu w całej Polsce. Ich obecność zależy od szeregu czynników, takich jak: przedplon, typ gleby, technologia uprawy czy warunki klimatyczne. Dużym problemem w uprawie kukurydzy są zwłaszcza chwasty ciepłolubne, takie jak: *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria pumila* (włośnica sina) i *Setaria viridis* (włośnica zielona). *Amaranthus retroflexus* i *Chenopodium album*

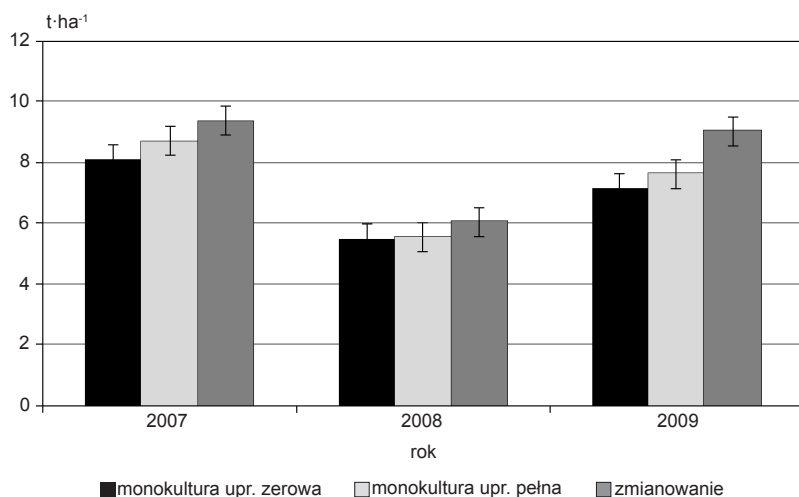
charakteryzują się bardzo dużą konkurencyjnością w stosunku do kukurydzy i szybko zachwaszczają jej zasiewy (2). Badania dotyczące progów szkodliwości *Echinochloa crus-galli* wskazują, że nawet kilka sztuk na 1 m² powoduje poważne straty w plonie kukurydzy. Według A d a m c z e w s k i e g o i in. (1) już 2–4 rośliny *Chenopodium album* na 1 m² mogą istotnie obniżyć plon rośliny uprawnej, a kilkanaście sztuk – nawet o 40–50%.

Zainteresowania uprawą kukurydzy w Polsce wynika również z możliwości uprawy tego gatunku w różnych systemach gospodarowania zarówno konwencjonalnym, jak i ekologicznym (12, 18, 22, 27). W systemie konwencjonalnym ukierunkowanym na maksymalizację zysków i związanym z dużym zużyciem środków produkcji, obserwuje się zmniejszanie różnorodności gatunkowej chwastów w agrocenozach (9). Jest to spowodowane głównie stosowaniem herbicydów, wysokimi dawkami nawozów azotowych oraz uproszczeniami zmianowań. Z kolei w systemie ekologicznym, bazującym na środkach pochodzenia naturalnego, nieprzetworzonych chemicznie, notuje się pozytywny wpływ tego systemu uprawy na różnorodność flory segetalnej (9). Istotnym elementem agrotechniki różnicującym porównywane systemy produkcji jest sposób ograniczania zachwaszczenia, ważnego czynnika znacząco wpływającego na poziom plonowania rośliny uprawnej (19).

System konwencjonalny (monokultura)

Kukurydza jest gatunkiem dobrze znoszącym uprawę po sobie (17, 21, 22, 23, 25). Według Książaka (17) plony ziarna kukurydzy uprawianej w monokulturze były średnio o 10% niższe niż w trzyletnim zmianowaniu, a istotne różnice zanotowano tylko w jednym roku badań (rys. 3). Również inni autorzy wykazali kilkuprocentową obniżkę plonu ziarna w takich warunkach uprawy (13, 21). W Polsce jednak, ze względu na kompensację szkodliwych agrofagów, głównie chwastów, uprawa kukurydzy w dłuższej monokulturze nie jest zbyt popularna. Zdaniem Szulca i Dubasa (34), na stan zachwaszczenia kukurydzy uprawianej w 10-letniej monokulturze miała wpływ nie jej długość, tylko skuteczność stosowanych w poszczególnych latach herbicydów. Wzrost zachwaszczenia autorzy notowali w latach suszy, która wpływała na małą efektywność zastosowanych środków, zwłaszcza w początkowym okresie wegetacji kukurydzy. Spośród 12 gatunków chwastów występujących na polu w 10-letniej monokulturze kukurydzy dominującymi niemal we wszystkich latach były: *Chenopodium album* i *Viola arvensis*. Z kolei Gołębiowska i Kaus (12) w kukurydzy uprawianej w monokulturze obserwowali wzrost nasilenia *Echinochloa crus-galli* i *Chenopodium album* oraz pojawianie się nowych gatunków chwastów, takich jak *Solanum nigrum* i *Galeopsis tetrahit*. Zdaniem Roli i Roli (30) wieloletnia uprawa tej samej grupy roślin na jednym stanowisku oraz długotrwałe stosowanie tych samych herbicydów mogą doprowadzić do całkowitego wyeliminowania pewnych gatunków chwastów z danego ekosystemu i kompensacji tych,

których rytm rozwojowy oraz cechy morfologiczne i fizjologiczne są podobne do cech uprawianej rośliny.

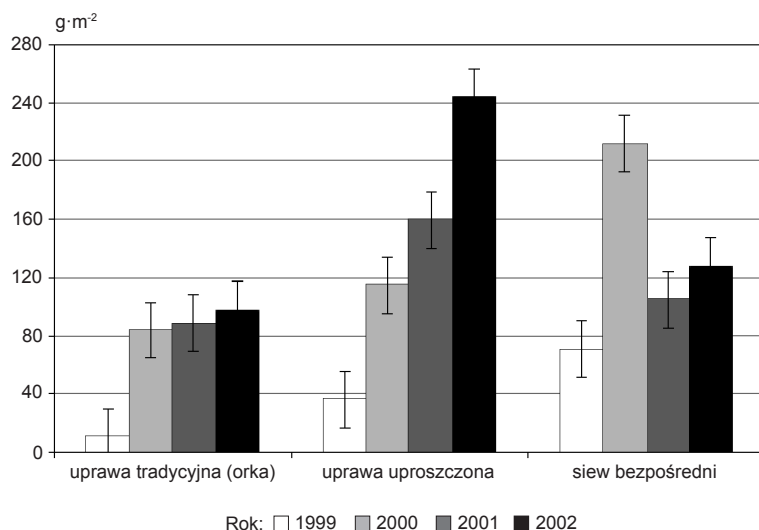


Rys. 3. Plony ziarna kukurydzy w zależności od sposobu przygotowania roli do siewu

Źródło: Księżak, 2010 (17), zmodyfikowane

Kukurydza jest gatunkiem, który dobrze znosi uproszczenia w uprawie roli (15, 20, 21). Dążenie do uproszczeń uprawowych i odchodzenie od tradycyjnego płodozmianu podyktowane jest względami organizacyjno-ekonomicznymi. Kosztowne i energochłonne systemy płużne (orka jesienna pochłania 25–40% całkowitych nakładów na produkcję) coraz częściej zastępowane są różnymi uprawami uproszczonymi, aż do tzw. uprawy zerowej, czyli siewu bezpośredniego włącznie. Chociaż uproszczone systemy uprawy roli mają wiele zalet, takich jak: zmniejszenie nakładów pracy, ograniczenie stopnia mineralizacji materii organicznej, ochrona gleby przed erozją czy zmniejszanie glebowego banku nasion roślin segetalnych, to jednak mogą prowadzić do wielu negatywnych zmian, np. wzrostu gęstości i zwięzłości gleby, pogorszenia warunków termalnych, pogorszenia dostępności i wykorzystania składników z nawozów, a przez to mniejszego plonowania rośliny uprawnej oraz wzrost zachwaszczenia (rys. 4). Ponadto stosowanie dużej ilości herbicydów w systemach uproszczonych pociąga za sobą dwa niepożądane zjawiska: uodparnianie się chwastów na substancje aktywne i kompensację polegającą na zwiększonym występowaniu jednego lub dwóch gatunków chwastów na polu. Kompensacja występuje zazwyczaj wtedy, gdy na danym polu przez długi czas stosowany jest ten sam herbicyd, który niszcząc chwasty wrażliwe, daje możliwość rozwoju gatunkom odpornym na jego działanie (4, 30). W badaniach Gołębiowskiej i Kausa (12) kilkuletnia uprawa kukurydzy na tym samym stanowisku z zastosowaniem siewu bezpośredniego powodowała znaczne zwiększenie udziału gatunków dominujących: *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*

i *Chenopodium album* oraz zmniejszenie bioróżnorodności flory segetalnej w porównaniu z uprawą tego gatunku w systemie orkowym. Również Machul i Książak (22) wykazali, iż uprawa zerowa w monokulturze kukurydzy, w porównaniu z uprawą w zmianowaniu, powodowała zwiększone występowanie zarówno masy, jak i liczby chwastów, głównie *Conyza canadensis* oraz *Equisetum arvense*. Różni autorzy donoszą także o szybszym rozprzestrzenianiu się gatunków jednoliściennych i wieloletnich przy jednoczesnym ograniczaniu gatunków jednorocznych w warunkach bezpłujnej uprawy kukurydzy (5, 11, 38).



Rys. 4. Wpływ systemów uprawy roli na świeżą masę chwastów

Źródło: Bleharczyk i in., 2004 (6), zmodyfikowane

W uproszczonych systemach uprawy roli dobór odpowiednich herbicydów i właściwe ich aplikowanie jest zatem bardzo ważne. Rezygnacja z zabiegów uprawowo-pielęgnacyjnych stwarza bowiem odmienne warunki dla rozwoju roślin uprawnych i chwastów. Gołębiowska i Kaus (12) wykazali także, że przy wystąpieniu długotrwałych chłódów i niskiego uwilgotnienia w okresie wschodów uproszczenia uprawowe silnie ograniczały skuteczność chwastobójczą tradycyjnych środków chemicznych stosowanych w uprawie kukurydzy. Ponadto zaznaczają, że czasami w systemach uproszczonych skuteczność herbicydów może być obniżona, gdy gruba warstwa mulczy utrudnia działanie środków chemicznych. Zdaniem Unger (37), zmniejszenie zachwaszczenia w uprawach bezorkowych w porównaniu z konwencjonalnymi obserwowano po zastosowaniu herbicydów systemicznych, przenikających do rośliny poprzez części nadziemne. Taki efekt uzyskano jednak dopiero po kilku latach uprawy.

System konwencjonalny (zmianowanie)

Stosowanie płodozmianów różniących się doбором roślin regenerujących oraz intensywne zmiany w agrotechnice upraw rolniczych (w tym kukurydzy) istotnie wpływa na zmiany różnorodności gatunkowej chwastów, zaś aplikowane herbicydy jedynie ograniczają ich liczebność i masę (10, 33). Według Gołębiowskiej i Kausa (12), zbiorowisko chwastów kukurydzy uprawianej w zmianowaniu charakteryzowało się większą bioróżnorodnością (średnio za 4 lata – 17 gat. na pole) w porównaniu do monokultury (10 gat. na pole), a w kolejnych latach badań obserwowano niewielkie zmiany w liczebności i składzie gatunkowym flory segetalnej (rys. 5). Stwierdzono także większy wpływ zabiegów agrotechnicznych niż warunków siedliskowych na kształtowanie bioróżnorodności chwastów.



Rys. 5. Zmiany ilościowe w zbiorowisku chwastów w różnych technologiach uprawy kukurydzy
Źródło: Gołębiowska i Kaus, 2009 (12), zmodyfikowane

We współczesnej technologii uprawy kukurydzy w systemie konwencjonalnym stosowanie herbicydów jest podstawową metodą zwalczania chwastów. Zabiegi te są zaliczane do najbardziej opłacalnych w produkcji roślinnej. Badania Skrzypczaka i in. (31) oraz Waligóry i Szulca (40) wykazały, że plon ziarna kukurydzy pastewnej na obiektach chronionych różnymi herbicydami nie różnił się istotnie, natomiast był niemal trzykrotnie wyższy w porównaniu z plonami uzyskanymi z obiektów bez chemicznej pielęgnacji. W świetle obecnych wymogów eliminowanie zachwaszczenia z plantacji powinno być przeprowadzane zgodnie z zasadami integrowanej ochrony roślin. Ogólne zasady IOR przedstawia Załącznik III Dyrektywy 2009/128/WE (7). Zgodnie z ogólnie przyjętą definicją integrowana ochrona roślin kładzie nacisk na uzyskanie zdrowych plonów przy minimalnych zakłóceniach funkcjonowania

ekosystemu rolniczego i zachęca do stosowania naturalnych sposobów zwalczania agrofagów. W pierwszej kolejności należy przeciwdziałać występowaniu organizmów szkodliwych lub minimalizować ich negatywny wpływ na rośliny uprawne, m.in. poprzez: prawidłowy płodozmian, stosowanie właściwych technik uprawy, dobór odmian, nawożenie, wapnowanie gleby, a zabieg chemiczny wykonuje się wtedy, gdy jest to konieczne, zwykle po przekroczeniu progów ekonomicznej szkodliwości danego agrofaga (obniżenie plonu kolb o 5%). Należy także uwzględnić wykorzystanie metod niechemicznych (biologiczne, fizyczne), jeśli istnieją i są skuteczne w stosunku do danej uprawy i agrofaga. W przypadku stosowania herbicydów trzeba pamiętać o właściwym doborze środków, zalecanych dawkach, terminach stosowania, redukcji ilości środka oraz o stosowaniu środków selektywnych należących do różnych grup chemicznych, co zapobiega zjawisku uodparniania się chwastów (24).

Najbardziej konkurencyjnym oddziaływaniem w stosunku do kukurydzy odznaczają się takie gatunki, jak: *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum*, *Cirsium arvense*, *Polygonum* sp., *Abutilon theophrasti* oraz gatunki jednoliścienne: *Echinochloa crus-galli* i *Elymus repens*. Progi szkodliwości najważniejszych gatunków chwastów przedstawiono w tabeli 2. Największe możliwości skutecznego zwalczania chwastów w kukurydzy uzyskuje się poprzez wykorzystanie herbicydów stosowanych nalistnie. Najczęściej zabiegi wykonuje się w fazie od 2 do 8 liści (BBCH 12-18). W tym czasie rośliny kukurydzy wykazują najmniejszą wrażliwość na środki chwastobójcze, a chwasty, z uwagi na zbliżoną fazę rozwojową, są skutecznie zwalczane (16). Ważny jest również przebieg warunków pogodowych w trakcie przeprowadzania zabiegu. Zdaniem Gołębiowskiej (10), wyniki badań uzyskane w doświadczeniach prowadzonych na różnych typach gleb świadczą o możliwości skutecznej regulacji zachwaszczenia poprzez stosowanie dawek minimalnych niezbędnych do ograniczania flory segetalnej. Autorka potwierdza również efektywność stosowania herbicydów metodą dawek dzielonych oraz precyzyjnie dobranych mieszanin herbicydów do regulacji zachwaszczenia w kukurydzy.

Tabela 2

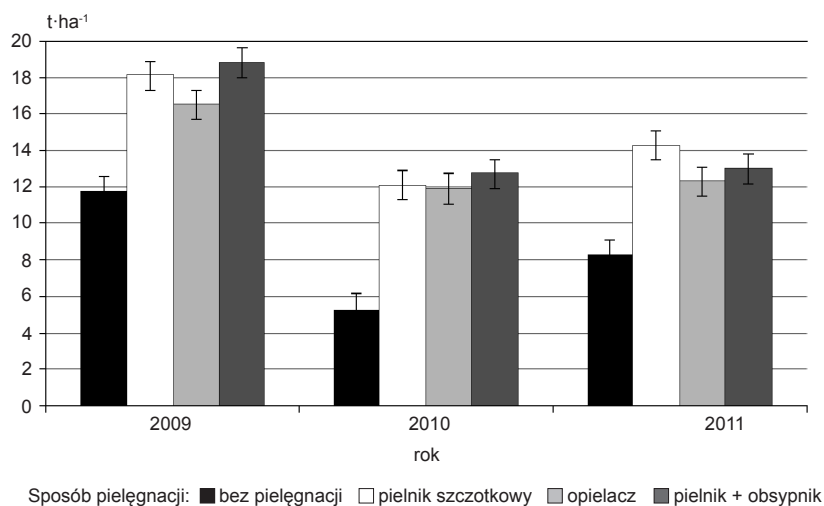
Progi ekonomicznej szkodliwości chwastów dla kukurydzy

Gatunki chwastów	Progi szkodliwości (szt. · m ²)
<i>Chenopodium album</i> (komosa biała)	2
<i>Amaranthus retroflexus</i> (szarłat szorstki)	1–2
<i>Cirsium arvense</i> (ostrożeń polny)	1
<i>Solanum nigrum</i> (psianka czarna)	1
<i>Echinochloa crus-galli</i> (chwastrnica jednostronna)	3–6
<i>Fallopia convolvulus</i> (rdestówka powojowata)	kilkanaście

Źródło: Kierzek, 2013 (16)

System ekologiczny

Integralną częścią gospodarstw prowadzonych według zasad ekologicznych są zwierzęta przeżuwające, których zapotrzebowanie na pasze powinno być zaspokojone z gatunków uprawianych we własnym zakresie. W takich gospodarstwach na ogół występuje zwiększony udział trwałych użytków zielonych w strukturze użytków rolnych, ale konieczne jest także zapewnienie zwierzętom odpowiedniej ilości pasz energetycznych, takich jak kiszonka z kukurydzy. W gospodarstwach ekologicznych ochrona przed nadmiernym zachwaszczeniem należy do największych problemów agrotechnicznych (36). Zdaniem Księżaka i in. (18) straty plonu ziarna kukurydzy spowodowane zachwaszczeniem wynosiły, w zależności od roku, od 37,1 do 56,5% (rys. 6). Skrzypczak i in. (31) wykazali straty na poziomie 47,1%, ale według Roli i Roli (29) w skrajnych przypadkach, mogą one sięgać nawet 70%.



Rys. 6. Plon suchej masy kukurydzy uprawianej w ekologicznym systemie produkcji, w zależności od sposobu mechanicznej pielęgnacji

Źródło: Księżak i in., 2011 (18), zmodyfikowane

W ekologicznych zasiewach kukurydzy notowano występowanie charakterystycznych dla roślin uprawianych w szerokich rzędach gatunków chwastów, takich jak: *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Viola arvensis* czy *Fallopia convolvulus* (30, 31, 32, 39). Brak możliwości stosowania herbicydów w uprawach ekologicznych wymaga stosowania innych metod zarówno profilaktycznych (poprawny płodozmian, dobór odmian, termin i gęstość siewu, ściółkowanie), jak i różnych technik bezpośredniego zwalczania chwastów. Podstawową strategią

ograniczania zachwaszczenia powinny być wszelkiego rodzaju zabiegi agrotechniczne zmierzające do wzmocnienia rośliny uprawnej i jej konkurencyjności wobec gatunków niepożądanych, ponieważ nadmierne zachwaszczenie często jest skutkiem błędów agrotechnicznych (36). W przypadku kukurydzy sposób uprawy (siew w szerokich rzędach) oraz biologia tego gatunku (wolny początkowy wzrost) sprzyjają zachwaszczeniu, dlatego od wielu lat prowadzone są badania poświęcone rozwojowi nowych, bezpośrednich metod regulujących zachwaszczenie, także mechanicznych.

W badaniach własnych wykazano dużą skuteczność innowacyjnej maszyny – pielnika szczotkowego w pielęgnacji łanu kukurydzy (32). Jest to nowy rodzaj pielnika aktywnego, w którym elementami roboczymi są segmenty szczotki z polipropylenu rozmieszczone w odpowiednim rozstawie na osi łożyskowej na bokach ramy. Obracające się segmenty szczotki wyrrywają chwasty w międzyrzędziach i płytko spulchniają wierzchnią warstwę gleby, przerywając parowanie wody z gleby. Rzędy z rośliną uprawną są osłonięte specjalnymi osłonami w celu zabezpieczenia przed zasypywaniem i uszkodzaniem. Pielnik szczotkowy przeznaczony jest do mechanicznej pielęgnacji warzyw, ale sprawdza się także w uprawie kukurydzy, ponieważ szerokość i rozstaw segmentów szczotek można dostosować do międzyrzędzi o różnych szerokościach. W roku o optymalnych warunkach wilgotnościowych skuteczność pielnika szczotkowego stosowanego trzykrotnie w sezonie wegetacyjnym (po wschodach kukurydzy w fazie 1–2 liści, w fazie 4–6 liści oraz przy wysokości rośliny 25–30 cm) w ekologicznej uprawie kukurydzy wynosiła 65%, zaś w roku z niedoborami wody – 78%. Nieco lepsze efekty dawało dwukrotne zastosowanie pielnika szczotkowego w sezonie (po wschodach kukurydzy w fazie 1–2 liści oraz w fazie 4–6 liści) i jeden raz obsypnika (przy wysokości rośliny 25–30 cm). W bardziej mokrym roku efektywność zwalczania chwastów tą metodą wynosiła 77%, a w suchym – nawet 93% (tab. 3). O skuteczności zabiegów mechanicznych w pielęgnacji kukurydzy na poziomie od 47 do 53% donosi Hruszka (14). Natomiast Waligóra i in. (40), wykazali ponad 60,0%, a Skrzypczak i in. (31) 57,2% efektywności pilnika międzyrzędowego zastosowanego dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym (tab. 4). Autorzy ci uznali jednak, że wynik ten był niesatysfakcjonujący w porównaniu z metodą chemiczną. Mechaniczna pielęgnacja roślin nigdy nie gwarantuje 100% skuteczności, ponieważ zabieg powinien być wykonywany w taki sposób, aby nie uszkadzał rośliny uprawnej, a w szczególności jej systemu korzeniowego. Tym samym chwasty znajdujące się w bliskim sąsiedztwie rośliny uprawnej nie są niszczone.

Tabela 3

Masa i liczebność chwastów w ekologicznej uprawie kukurydzy

Sposób pielęgnacji	Świeża masa (g·m ⁻²)	Sucha masa (g·m ⁻²)	Liczebność (szt·m ⁻²)
2009 (rok wilgotny)			
Obiekt bez pielęgnacji	661,0d*	199,0c	63,6
Pielnik szczotkowy	98,2b	32,0a	22,2
Opielacz	185,0c	55,0b	34,0
Pielnik szczotkowy + obsypnik	47,4a	17,0a	15,3
2010 (rok suchy)			
Obiekt bez pielęgnacji	723,1c	183,0c	46,2
Pielnik szczotkowy	124,0b	28,5b	10,0
Opielacz	134,2b	28,4b	13,0
Pielnik szczotkowy + obsypnik	31,5a	9,5a	3,2

*liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

Źródło: Staniak i in., 2011 (32)

Tabela 4

Skuteczność ograniczania liczby i świeżej masy chwastów w ekologicznej uprawie kukurydzy

Sposób pielęgnacji	Liczba chwastów (skuteczność %)				Świeża masa chwastów (skuteczność %)			
	2002	2003	2004	średnio	2002	2003	2004	średnio
2 x pielnik międzyrzędowy	68,0	54,6	48,9	57,2	69,0	51,3	45,3	55,2

Źródło: Skrzypczak i in., 2008 (31)

Podsumowanie

Ograniczanie zachwaszczenia jest najważniejszym zabiegiem pielęgnacyjnym w uprawie kukurydzy. Obecność chwastów na polu powoduje istotne straty plonu ziarna, w skrajnych przypadkach sięgające nawet 70%. Zachwaszczeniu sprzyja szeroki rozstaw rzędów, rzadki siew i wolne tempo wzrostu w początkowym okresie wegetacji. Kukurydza jest zachwaszczana przez szereg gatunków chwastów dwuliściennych i jednoliściennych, z których najbardziej uciążliwymi są chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*) i komosa biała (*Chenopodium album*). Kompensacji dominujących gatunków chwastów sprzyja uprawa kukurydzy w monokulturze, zwłaszcza po zastosowaniu uproszeń uprawowych i siewu bezpośredniego, natomiast większą różnorodność gatunkową notuje się przy uprawie w zmianowaniu, zwłaszcza w ekologicznym systemie gospodarowania.

Literatura

1. Adamczewski K., Praczyk T., Rola H. Zwalczanie chwastów w kukurydzy. W: Technologia produkcji kukurydzy, A. Dubas (red.). Wieś Jutra, Warszawa 2004, s. 69-81.
2. Adamczewski K., Skrzypczak G., Lisowicz F., Bubniewicz P.: Aktualne problemy ochrony kukurydzy w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, **450**: 63-78.
3. Adamczyk J., Rogacki J., Cygert H.: Postęp w hodowli kukurydzy w Polsce. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2010, **9(4)**: 85-91.
4. Blecharczyk A., Małecka I., Sawińska J.: Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizykochemiczne właściwości gleby. Fragm. Agron., 2007, **1**: 7-13.
5. Blecharczyk A., Małecka I., Sawińska Z., Zawada D.: Zachwaszczenie kukurydzy w zależności od uprawy roli i herbicydów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2008, **48(1)**: 260-263.
6. Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G.: Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2004, **3(1)**: 157-163.
7. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz.U. UE 24.11.2009 L 309/71)
8. Evans S.P., Knezevic S.Z., Lindquist J.L., Shapiro C.A.: Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. Weed Sci., 2003, **51**: 408-417.
9. Feledyn-Szewczyk B.: Wpływ sposobu użytkowania gruntów na różnorodność gatunkową flory segetalnej. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2013, **36**: 1-181.
10. Gołębiowska H.: Możliwości kontroli zachwaszczenia kukurydzy w integrowanym systemie gospodarowania. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **18**: 103-114.
11. Gołębiowska H.: Diversity of weed infestation depending on maize cropping system. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2011, **10(1)**: 13-23.
12. Gołębiowska H., Kaus A.: Efektywność chemicznej regulacji zachwaszczenia w różnych systemach uprawy kukurydzy. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2009, **8(1)**: 3-16.
13. Gryffith D.R., Kladivko E.J., Manner J.V.: Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soil. Agron. J., 1988, **80(4)**: 599-605.
14. Hruszka M.: Efektywność proekologicznych i chemicznych sposobów regulacji zachwaszczenia w zasiewach kukurydzy pastewnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. cz. I, 2003, **490**: 81-89.
15. Kapusta G., Krausz R., Matthews J.: Corn yield is equal in conventional, reduced, and no tillage after 20 years. Agron. J., 1996, **88**: 812-817.
16. Kierzek R.: Ograniczanie zachwaszczenia. W: Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla producentów, P. Bereś i M. Mrówczyński (red.). IOR-PIB, Poznań 2013, s. 13-20.
17. Książak J.: Assessment of maize yields as affected by seedbed preparation method. Pol. J. Agron., 2010, **2**: 33-40.
18. Książak J., Staniak M., Bojarszczuk J.: Ocena plonowania kukurydzy uprawianej systemem ekologicznym w zależności od sposobu pielęgnacji i dawki nawożenia organicznego. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2011, **56(3)**: 227-231.
19. Kuś J., Stalenga J.: Perspektywy rozwoju różnych systemów produkcji rolniczej w Polsce. Biul. IHAR, 2006, **242**: 15-19.

20. Lithourgidis A., Tsatsarelis C., Dhima K.: Tillage effect on corn emergence, silage yield, and labor and fuel inputs in double cropping with wheat. *Crop Sci.*, 2005, **45**: 2523-2528.
21. Machul M.: Wpływ uproszczonej uprawy roli na efektywność plonowania kukurydzy oraz właściwości biologiczne, fizyczne i chemiczne gleby. *Post. Nauk Rol.*, 2005, **1**: 47-61.
22. Machul M., Książak J.: Ocena plonowania kukurydzy w zależności od sposobu przygotowania roli i metody określenia dawki nawożenia azotem w warunkach monokultury i zmianowania. *Frag. Agron.*, 2007, **3**: 292-299.
23. Majchrzak L., Skrzypczak G., Pudełko J.: Zmiany w zachwaszczeniu kukurydzy w zależności od sposobu uprawy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2003, **490**: 153-161.
24. Matyjaszczyk E.: Obowiązek wprowadzenia integrowanej ochrony roślin i związane z nim szanse dla rolnictwa ekologicznego. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2011, **56(4)**: 37-40.
25. Menzel L., Dubas A.: Reakcja kukurydzy uprawianej w monokulturze na uproszczenia w uprawie roli. *Pam. Puł.*, 2003, **133**: 123-134.
26. Michalski T.: Kukurydza w roku 2014 – ostrożny optymizm. *Farmer.pl* – portal nowoczesnego rolnika 2014. www.farmer.pl
27. Revilla P., Landa A., Rodriguez V.M., Romay M.C., Ordás A., Malvar R.A.: Maize for bread under organic agriculture. *Spanish J. Agric. Res.*, 2008, **6(2)**: 241-247.
28. Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2014. GUS, Warszawa 2015.
29. Rola J., Rola H.: Dynamika chwastów segetalnych na polach uprawnych. *Mat. Symp. Nauk. Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych. Wrocław, 24–25.06.1987*, s. 131-148.
30. Rola J., Rola H.: Wpływ uproszczonej technologii uprawy kukurydzy i buraków cukrowych na stan zachwaszczenia wtórnego plantacji na Dolnym Śląsku. *Mat. 35. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. I*, 1995, s. 139-145.
31. Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P.: Możliwości mechanicznego ograniczania zachwaszczenia w uprawie kukurydzy i sorga w rolnictwie ekologicznym. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2008, **53(4)**: 67-70.
32. Staniak M., Książak J., Bojarszczuk J.: Zachwaszczenie kukurydzy w ekologicznym systemie uprawy. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2011, **56(4)**: 123-128.
33. Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A.: Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2004, **3(2)**: 235-245.
34. Szulc P., Dubas A.: Zachwaszczenie kukurydzy uprawianej w wieloletniej monokulturze. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2008, **48(1)**: 317-323.
35. Tański M., Idziak R.: Wpływ terminów regulacji zachwaszczenia na skuteczność chwastobójczą herbicydów i plon kukurydzy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2009, **49(1)**: 349-352.
36. Tyburski J.: Strategie i sposoby ograniczania zachwaszczenia w rolnictwie ekologicznym. *Mat. XXXIX Konf. Nauk. Rejonizacja chwastów segetalnych. Biologia chwastów, UWM Olsztyn, 25–26.06.2015*, s. 22.
37. Unger P.W.: *Managing agricultural residues*. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokio Mohler C.L. A model of the effects of tillage in emergence of weed seedlings. *Ecol. Appl.*, 1994, **3**: 53-73.
38. Vidal R.A., Baumann T.T.: Straw density in no-till affects soybean – weed interference. *Proc. of 3rd ESA Congress, Padova, 1994*, s. 268-269.

39. Waligóra H., Skrzypczak W., Szulc P.: Wpływ sposobu pielęgnacji na zachwaszczenie kukurydzy cukrowej. *J. Res. Appl. Agric. Engine.*, 2009, **54(4)**: 148-151.
 40. Waligóra H., Szulc P.: Skuteczność chemicznego zwalczania chwastów w kukurydzy cukrowej bez użycia triazyn. *Acta Sci. Pol., Agriculture*, 2008, **7(1)**: 111-118.
-

Adres do korespondencji:

dr hab. Mariola Staniak
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 795
e-mail: staniakm@iung.pulawy.pl

Kazimierz Noworolnik

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WARUNKI GLEBOWE A PLONOWANIE ZBÓŻ I ICH WSPÓŁDZIAŁANIA Z CZYNNIKAMI AGROTECHNICZNYMI*

Słowa kluczowe: właściwości gleby, zboża jare, zboża ozime, plon ziarna, zawartość białka w ziarnie

Wstęp

Spośród wielu czynników siedliskowo-agrotechnicznych warunki glebowe (obok nawożenia azotem) wywierają najsilniejszy wpływ na plonowanie i zawartość białka w ziarnie zbóż (4, 10-12, 16). Podstawą do tej oceny są doświadczenia polowe prowadzone w IUNG wyróżniające się spośród innych dłuższym okresem badań i większą liczbą punktów doświadczalnych. Dzięki temu możliwe było porównanie wielkości plonu ziarna różnych gatunków zbóż w zależności od jakości gleby (kompleksy przydatności rolniczej gleb, skład granulometryczny gleby, odczyn gleby) w oparciu o obliczenia statystyczne. W wymienionych badaniach (4, 9, 11, 12, 18, 22, 23, 33, 34, 37) plony ziarna pszenicy i jęczmienia w doświadczeniach polowych prowadzonych na najlepszych glebach były o 30–50% wyższe niż na glebach najslabszych, a w doświadczeniach prowadzonych na mikroparcelach (5, 35) różnice te były jeszcze większe. Plonowanie głównych gatunków zbóż w zależności od kompleksu przydatności rolniczej gleb określono już dawniej na podstawie dużej serii doświadczeń terenowych (1965–1975) (37). Duże zróżnicowanie plonu ziarna w obrębie kompleksów glebowych wystąpiło w przypadku pszenicy ozimej, średnie zróżnicowanie dotyczyło jęczmienia jarego, mniejsze owsa, a jeszcze mniejsze żyta. Wysokie plonowanie tych zbóż stwierdzono na glebach kompleksów pszennych, średnie na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego, a najniższe na kompleksie żytnim słabym. Jedną z najważniejszych właściwości gleby jest skład granulometryczny, od którego zależą inne cechy charakterystyczne gleby, jak wielkość kompleksu

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

sorpcyjnego i jej zasobność w wodę i składniki mineralne, zawartość próchnicy, stosunki wodno-powietrzne (4, 11, 37). Na plony zbóż ujemnie wpływa kwaśny odczyn gleby (3, 4, 6, 20–22). Gatunki zbóż różnią się wymaganiami glebowymi (4, 27, 28, 37) ze względu na niejednakową wielkość systemu korzeniowego i różną zdolność korzeni do pobierania trudno dostępnych składników mineralnych, a także odmienną odporność roślin na wyleganie.

Potencjał plonotwórczy gleby zaliczanej do określonego kompleksu przydatności rolniczej i gatunku gleby może się zmieniać w czasie ze względu na wprowadzanie do praktyki nowych odmian charakteryzujących się wyższą plennością i większą tolerancyjnością na gorsze warunki glebowe. Żyzność gleby poprawia się z reguły pod wpływem stosowania dobrych praktyk rolniczych (optymalne nawożenie mineralne i organiczne, staranna uprawa roli, racjonalny przedplon) (1, 2, 6). Uzasadnia to potrzebę okresowego badania wydajności poszczególnych gatunków zbóż w różnych warunkach glebowych i określenia współdziałań jakości gleby z głównymi czynnikami agrotechniki. Lepsze rozkrzewienie roślin i większa ich podatność na wyleganie, co występuje w dobrych warunkach glebowych, warunkuje odpowiednie zalecenia co do gęstości i terminu siewu, dawki azotu oraz chemicznej ochrony roślin, inne niż w gorszych warunkach glebowych.

Plonowanie zbóż jarych w różnych warunkach glebowych

W piśmiennictwie naukowym dotyczącym wpływu jakości gleby na plonowanie i zawartość białka w ziarnie zbóż przeważają prace dotyczące jęczmienia jarego, w których badano zróżnicowanie jego plonu w obrębie kompleksów przydatności rolniczej gleb i w obrębie gatunków gleb różniących się składem granulometrycznym (5, 10, 12, 15, 17, 31, 32, 38). Prace te różniły się czasokresem badań i doбором odmian, ale kierunki zmian w plonowaniu jęczmienia pod wpływem jakości gleby były podobne. Najbardziej reprezentatywne wyniki w tym zakresie (17) przedstawiono w tabelach 1 i 2. Stwierdzono duży wpływ tekstury (składu granulometrycznego) gleby na plon ziarna i białka jęczmienia jarego. Najwyższy plon ziarna uzyskano na glebach zwięzłych tj. pyłach i glinach całkowitych. Dość wysoki plon ziarna stwierdzono też na piaskach gliniastych mocnych położonych na glinach lekkich. Niżej plonował jęczmień na piaskach gliniastych lekkich, a jeszcze niżej na piaskach słabo gliniastych. Na słabszych (mniej zwięzłych) glebach uzyskano za to wyższą zawartość białka w ziarnie, co można tłumaczyć znanym zjawiskiem ujemnej korelacji między wielkością plonu ziarna a zawartością białka w ziarnie. Plon białka był jednak mniejszy niż na glebach lepszych, gdyż niższa plonu ziarna w tych warunkach była procentowo znaczniejsza niż wzrost zawartości białka w ziarnie. Dodatni wpływ na plon ziarna i białka jęczmienia jarego wywierało także zwięźlejsze podłoże glebowe (głina lekka) w porównaniu z lżejszym (piaszczystym) podłożem. Zwięźlejsze gleby posiadają z reguły większy kompleks sorpcyjny, a tym samym obfitszą zasobność

w wodę i składniki mineralne w stosunku do gleb luźniejszych. Niższe plonowanie jęczmienia w gorszych warunkach glebowych było skutkiem znacznie słabszego rozkrzewienia produkcyjnego roślin, a także niewielkiego zmniejszenia liczby ziaren w kłosie, przy braku zmian masy 1000 ziaren (5, 38).

Tabela 1

Wpływ tekstury gleby na plonowanie jęczmienia jarego

Gatunki gleb	Liczba doświadczeń	Plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$)	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)	Plon białka ($kg \cdot ha^{-1}$)
Pyły zwykłe i gliny lekkie całkowite	26	4,85a*	10,6d	515a
Gliny lekkie położone na piaskach gliniastych lekkich	19	4,32bc	11,1c	480b
Piaski gliniaste mocne położone na glinach lekkich	44	4,54b	11,5b	522a
Piaski gliniaste mocne położone na piaskach gliniastych lekkich	18	4,30bc	11,8ab	507ab
Piaski gliniaste lekkie położone na glinach lekkich	50	4,20c	11,7b	491ab
Piaski gliniaste lekkie położone na piaskach słabogliniastych	25	3,54d	12,0ab	425c
Piaski słabogliniaste położone na glinach lekkich	15	3,53d	11,6b	409c
Piaski słabogliniaste całkowite	25	3,01e	12,3a	368d

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2001 (17)

Tabela 2

Wpływ kompleksu przydatności rolniczej gleb na plonowanie i zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego

Kompleks glebowy	Liczba doświadczeń	Plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$)	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)	Plon białka ($kg \cdot ha^{-1}$)
Pszenny dobry	26	4,67a*	11,0c	514a
Żytni bardzo dobry	19	4,20b	11,5b	483a
Żytni dobry	44	3,81c	11,7ab	446b
Żytni słaby	18	3,33d	12,1a	403c

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2001 (17)

W innej dużej serii doświadczeń terenowych (1989–2003) (22) porównywano reakcję jęczmienia jarego i pszenicy jarej na jakość gleby. Wielkość plonu ziarna tych zbóż zależała w dużym stopniu od kompleksu glebowego i w mniejszym od odczynu gleby. Wyższe plony uzyskano na glebach zwięźlejszych (kompleks glebowy pszenny

dobry, o teksturze gliny lekkiej i piasku gliniastego mocnego położonego na glinach lekkich), przy pH gleby powyżej 5,5 (tab. 3). Większą zmienność plonu pod wpływem kompleksu glebowego wykazała pszenica, a pod wpływem pH gleby – jęczmień. Niższe plonowanie pszenicy jarej w gorszych warunkach glebowych nie wiązało się z pogorszeniem jakości wypiekowej ziarna (36).

Tabela 3

Plonowanie pszenicy jarej i jęczmienia jarego w zależności od pH gleby
i kompleksu glebowo-rolniczego

Wyszczególnienie	Pszenica jara			Jęczmień jary		
	liczba doświadczeń	plon ziarna		liczba doświadczeń	plon ziarna	
		t·ha ⁻¹	%		t·ha ⁻¹	%
pH gleby:						
5,6–6,2	41	5,12a*	100	39	5,27a*	100
4,9–5,5	37	4,58b	89	45	4,65b	88
4,2–4,8	20	4,15c	81	27	4,10c	77
Kompleks glebowy:						
Pszenny dobry	36	5,42a	100	34	5,28a	100
Żytni bardzo dobry	35	4,57b	84	46	4,67b	88
Żytni dobry	27	3,68c	68	31	4,15c	79

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2008a (22)

Dzięki dużej liczbie punktów doświadczalnych w ramach doświadczalnictwa terenowego Ośrodków Doradztwa Rolniczego możliwe było porównanie wielkości plonu ziarna i zawartości białka w ziarnie mieszanek jęczmienia jarego z owsem z wartościami tych cech osiąganymi w zasiewach jednogatunkowych komponentów w zależności od jakości gleby (kompleksy przydatności rolniczej gleb, skład granulometryczny gleby, odczyn i zasobność gleby w P, K Mg). Plony jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki zależały w dużej mierze od jakości gleby (27, 28). Większe plony ziarna tych zbóż uzyskano na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego, a także na piaskach gliniastych mocnych (tab. 4). Najniższe plony otrzymano na glebach kompleksu żytniego słabego oraz na piaskach słabo gliniastych. Mieszanka wykazywała mniejsze obniżki plonu w gorszych warunkach glebowych niż jęczmień jary w czystym zasiewie.

Określono także wpływ agrochemicznych właściwości gleb na plonowanie jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki (28). Odczyn gleb oraz zawartość w nich fosforu, potasu i magnezu istotnie kształtowały plon ziarna tych zbóż. Największy wpływ na zmienność ich plonów miała zasobność gleby w magnez, najmniejszy zaś zasobność w fosfor (tab. 5). Zarówno jęczmień jary, owies, jak i mieszanka tych zbóż reagowały dużą niżką plonu ziarna w miarę zmniejszania zawartości magnezu w glebie. Duży wpływ zasobności gleby w magnez na plonowanie jęczmienia jarego stwierdzono też

w innej pracy (38). Badane gatunki zbóż wykazały natomiast niejednakową reakcję na zasobność gleby w potas. Większą niżkę plonu wraz ze zmniejszeniem zawartości K w glebie stwierdzono w przypadku jęczmienia. Zaobserwowano silniejszą ujemną reakcję jęczmienia jarego na zakwaszenie gleby w stosunku do jego mieszanki z owsem, a tym bardziej w porównaniu z owsem w czystym zasiewie, który wykazał największą tolerancję na niskie pH gleby. Wszystkie gatunki zbóż reagowały podobnie na zasobność gleby w fosfor. Niższy ich plon stwierdzono przy obniżeniu zawartości P poniżej $48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. Natomiast zwiększenie zawartości P powyżej $70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby nie wpłynęło dodatnio na plony ziarna zbóż jarych w stosunku do osiągniętych przy zawartości P w granicach $48\text{--}69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (tab. 5).

Wpływ badanych właściwości gleby na zawartość białka w ziarnie zbóż jarych był odwrotny jak w przypadku plonu ziarna. Wyższą zawartość białka w ziarnie jęczmienia, owsa i w ich mieszankach stwierdzono w warunkach kwaśnego odczynu gleby oraz niższej zasobności gleby w potas i magnez (tab. 6). Zmiany zawartości białka w ziarnie jęczmienia pod wpływem badanych czynników, z wyjątkiem zasobności gleby w fosfor, były podobne jak w ziarnie owsa i mieszanki obu zbóż. Nie stwierdzono bowiem istotnego zróżnicowania w nagromadzeniu białka w ziarnie owsa i mieszanki pod wpływem zawartości fosforu w glebie, w odróżnieniu od jęczmienia, który wykazał wyższą wartość tej cechy przy niższej zawartości fosforu w glebie. W innych badaniach stwierdzono mniejszy udział owsa w plonie ziarna mieszanki z jęczmieniem na glebach lepszych, a większy – na glebach słabszych (13, 30).

Tabela 4

Wpływ tekstury gleby i kompleksu przydatności rolniczej na wielkość plonu
ziarna jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Plon ziarna ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
Gatunki gleb:				
pgm	7	4,47a*	4,22a*	4,40a*
pgm/pgl	10	4,21ab	4,10a	4,23a
pgl/gl	7	4,09b	4,14a	4,27a
pgl	11	3,62c	3,74b	3,89b
pgl/ps	12	3,48c	3,62b	3,73b
ps/gl	9	3,32cd	3,68b	3,65b
ps, ps/pl	11	3,04d	3,11c	3,12c
Kompleks glebowo-rolniczy:				
Żytni bardzo dobry	18	4,36a	4,15a	4,30a
Żytni dobry	26	3,85b	3,69b	3,82b
Żytni słaby	23	3,28c	3,43b	3,41c

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik i Terelak, 2005 (27)

Tabela 5

Wpływ pH oraz zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na wielkość plonu ziarna jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
pH gleby:				
5,5–6,0	20	4,32a*	4,02a*	4,29a*
4,8–5,4	27	3,70b	3,86ab	3,83b
4,2–4,7	19	3,27c	3,63b	3,55b
Zawartość fosforu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
70–100	19	3,92a	3,83ab	4,04a
48–69	24	4,05a	3,94a	4,08a
22–47	23	3,48b	3,62b	3,65b
Zawartość potasu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
131–230	22	4,28a	4,04a	4,17a
91–130	26	3,86b	3,95a	4,06a
58–90	18	3,37c	3,46b	3,53b
Zawartość magnezu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
60–100	21	4,45a	4,43a	4,48a
31–59	25	4,01b	3,94b	4,00b
15–30	20	3,28c	3,26c	3,57c

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik i Terelak, 2006 (28)

Tabela 6

Wpływ pH oraz zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego, owsa i ich mieszanki

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
pH gleby:				
5,5–6,0	20	11,8a*	11,3a*	11,6a*
4,8–5,4	27	12,2ab	11,5ab	11,8ab
4,2–4,7	19	12,6c	11,8b	12,1b
Zawartość fosforu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
70–100	19	12,0a	11,5a	11,7a
48–69	24	12,0a	11,3a	11,6a
22–47	23	12,5b	11,7a	12,0a
Zawartość potasu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
131–230	22	12,0a	11,4a	11,6a
91–130	26	12,1ab	11,4a	11,6a
58–90	18	12,5b	12,0b	12,2b

cd. tab. 6

Wyszczególnienie	Liczba doświadczeń	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.)		
		jęczmień jary	owies	mieszanka
Zawartość magnezu (mg·kg ⁻¹ gleby):				
60–100	21	11,7a	11,1a	11,5a
31–59	25	12,0a	11,5a	11,7a
15–30	20	12,6b	12,1b	12,3b

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik i Terelak, 2006 (28)

Kwaśny odczyn gleby wpływa ujemnie, ale w niejednakowym stopniu na plony różnych gatunków zbóż (3, 4, 6, 20–22). Przy niskim pH gleby występuje duże stężenie jonów glinu i manganu toksycznie oddziałujących na korzenie zbóż (3, 4, 6). Słabszy rozwój systemu korzeniowego powoduje mniejsze rozkrzewienie roślin zbóż i produktywność kłosa, co skutkuje niższym plonem ziarna. Spośród gatunków zbóż jarych najbardziej tolerancyjny na kwaśny odczyn gleby jest owies, a najbardziej wrażliwy jęczmień (20–22).

Wpływ warunków glebowych na plonowanie zbóż ozimych

W latach 1975–1990 wykonano dużo doświadczeń polowych ze zmieniającym się w czasie doborem odmian jęczmienia ozimego (11, 26, 29, 33, 34). Wysokie plony ziarna jęczmienia ozimego uzyskano na glebach zwięźlejszych (pyły zwykłe, gliny lekkie) (tab. 7) należących do kompleksu pszennego dobrego, przy pH gleby powyżej 6,0. Niewiele niższe jego plony otrzymano na glebach średnio zwięzłych (piaski gliniaste mocne, piaski gliniaste lekkie) płytko zalegających na zwięzłym podłożu (gliny lekkie) (33). Jęczmień ozimy okazał się szczególnie wrażliwym gatunkiem zbóż na zwięźłość podłoża, a także na kwaśny odczyn gleby.

Tabela 7

Wpływ tekstury gleby na plonowanie jęczmienia ozimego

Gatunki gleb	Liczba doświadczeń	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)
Pyły zwykłe i gliny lekkie całkowite	54	4,86a*
Gliny lekkie położone na piaskach gliniastych lekkich	27	4,27bc
Piaski gliniaste mocne położone na glinach lekkich	49	4,72ab
Piaski gliniaste mocne położone na piaskach gliniastych lekkich	35	4,17c
Piaski gliniaste lekkie położone na glinach lekkich	75	4,40b
Piaski gliniaste lekkie położone na piaskach słabogliniastych	24	3,56d

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Strzelec i Noworolnik, 1993 (33)

W okresie 1990–2002 w serii wielopunktowych doświadczeń terenowych (23) porównywano reakcję jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej na jakość gleby. Wielkość plonu ziarna tych zbóż zależała w dużym stopniu od składu granulometrycznego gleby i jej podłoża, kompleksu glebowo-rolniczego oraz od pH gleby (tab. 8 i 9). Wyższe plony ziarna jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej uzyskano na glebach zwięźlejszych (pyły zwykłe, gliny lekkie) należących do kompleksu pszennego dobrego, przy pH gleby powyżej 6,5 i wysokiej zasobności w składniki mineralne. Stwierdzono średnią zależność ich plonów od zasobności gleby w potas i fosfor, a w mniejszym stopniu od zasobności gleby w magnez. Jęczmień ozimy reaguje bardziej ujemnie na niższe pH gleby w porównaniu z pszenicą ozimą, a ta z kolei jest bardziej wrażliwa na luźniejszy skład granulometryczny gleby. Duże zróżnicowanie plonu ziarna pszenicy ozimej w obrębie kompleksów glebowo-rolniczych i różnej zasobności gleby w magnez stwierdzono też w pracy Zarychty i Noworolnika (39).

W podobnej serii doświadczeń terenowych badano reakcję pszenżyta ozimego i żyta ozimego na jakość gleby (24). Plonowanie tych zbóż istotnie zależało od składu granulometrycznego gleby i jej podłoża, następnie od kompleksu glebowo-rolniczego oraz zasobności gleby w potas, a ponadto od pH gleby i zasobności gleby w fosfor. Mniejsze zróżnicowanie plonów wystąpiło w zależności od zasobności gleby w magnez. Istotnie większe plony ziarna obu zbóż uzyskano na glebach zwięźlejszych: pyły zwykłe, gliny lekkie i piaski gliniaste mocne położone na glinach. Wysoki plon żyta stwierdzono także na piaskach gliniastych lekkich położonych na glinach. Oba gatunki plonowały najwyżej na glebach należących do kompleksu żytniego bardzo dobrego, przy pH gleby powyżej 5,5 i wysokiej zasobności w składniki mineralne. Pszenżyto ozime reaguje bardziej ujemnie na gorsze warunki glebowe (zwłaszcza na luźniejszy skład granulometryczny gleby i jej podłoża) w porównaniu z żytem ozimym. Masa 1000 ziaren obu zbóż była wyższa w warunkach ich uprawy na glebach luźniejszych.

Tabela 8

Plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego w zależności od pH gleby
i kompleksu glebowo-rolniczego

Wyszczególnienie	Pszenica ozima			Jęczmień ozimy		
	liczba doświadczeń	plon ziarna		liczba doświadczeń	plon ziarna	
		t·ha ⁻¹	%		t·ha ⁻¹	%
pH gleby:						
6,6–7,2	17	6,46a*	100	16	6,54a*	100
5,9–6,5	32	5,83b	90	25	5,60b	86
5,0–5,8	26	5,15c	81	23	4,94c	75
4,3–4,9	22	4,76d	73	17	4,48d	69
Kompleks glebowy:						
Pszeniczny dobry	39	6,51a	100	27	6,33a	100
Żytni bardzo dobry	35	5,89b	91	32	5,72b	90
Żytni dobry	21	4,37c	67	20	4,49c	71

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2008 (23)

Tabela 9

Wpływ zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na plony ziarna ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego

Wyszczególnienie	Pszenica ozima			Jęczmień ozimy		
	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wartość plonu	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wartość plonu
		$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	%		$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	%
Zawartość fosforu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby):						
96–130	27	6,17a*	100	18	6,03a*	100
70–100	23	6,19a	100	21	5,90ab	98
46–69	27	5,48b	89	19	5,64b	93
20–45	22	4,99c	81	22	4,77c	81
Zawartość K w glebie ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby):						
181–240	27	6,22a	100	23	5,90a	100
141–180	23	5,68b	91	19	5,67a	96
91–140	25	5,31c	85	18	5,11b	86
50–90	21	4,88d	79	21	4,72c	78
Zawartość magnezu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby):						
101–150	24	6,20a	100	23	6,08a	100
51–100	34	5,94a	96	27	5,80a	95
20–50	38	5,26b	85	31	5,33b	88

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2008 (23)

Tabela 10

Plonowanie pszenżyta ozimego i żyta ozimego w zależności od pH gleby i kompleksu glebowo-rolniczego

Wyszczególnienie	Pszenżyto ozime			Żyto ozime		
	liczba doświadczeń	plon ziarna		liczba doświadczeń	pPlon ziarna	
		$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	%		$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	%
pH gleby:						
5,6–6,4	25	6,02a*	100	26	5,08a*	100
5,1–5,5	29	5,65ab	93	27	5,02ab	86
4,6–5,0	26	5,30b	88	31	4,74b	75
4,0–4,5	24	4,78c	80	32	4,32c	69
Kompleks glebowy:						
Żytni bardzo dobry	42	5,81a	100	30	4,93a	100
Żytni dobry	35	5,19b	90	43	4,62a	90
Żytni słaby	27	4,20c	72	42	4,01b	71

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2009 (24)

Tabela 11

Wpływ zasobności gleby w fosfor, potas i magnez na plony ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) pszenżyta ozimego i żyta ozimego

Wyszczególnienie	Pszenżyto ozime			Żyto ozime		
	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wielkość plonu	liczba doświadczeń	plon ziarna	względna wielkość plonu
		$t \cdot ha^{-1}$	%		$t \cdot ha^{-1}$	%
Zawartość fosforu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
101–130	22	6,04a*	100	22	5,01a*	100
70–100	30	5,96a	98	27	4,95ab	99
46–69	27	5,49b	91	31	4,67b	93
20–45	25	4,86c	80	35	4,32c	86
Zawartość potasu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
181–240	25	6,12a	100	23	5,17a	100
141–180	29	5,80a	95	27	5,02a	97
91–140	28	5,23b	85	32	4,66b	90
50–90	22	4,48c	73	33	4,08c	79
Zawartość magnezu ($mg \cdot kg^{-1}$ gleby):						
101–150	30	5,93a	100	30	5,03a	100
51–100	36	5,62a	95	41	4,74a	94
20–50	38	4,90b	83	43	4,35b	86

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2009 (24)

Współdziałania jakości gleby z różnymi czynnikami agrotechnicznymi w aspekcie plonowania zbóż

Na podstawie wyników licznych doświadczeń (5, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 25, 29, 31, 32, 35), w których badano wpływ różnych czynników agrotechnicznych na plonowanie zbóż (głównie jęczmienia jarego) w różnych warunkach glebowych, określono zależności między jakością gleby a poszczególnymi czynnikami agrotechnicznymi. Fragment wyników badań w tym zakresie nad jęczmieniem jarym przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12

Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych w zależności od kompleksu glebowego na wielkość plonu ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) jęczmienia jarego

Wyszczególnienie	Kompleks glebowy		
	pszenny dobry	żytni bardzo dobry	żytni dobry
Gęstość siewu ($szt. \cdot m^{-2}$)			
240	4,27a*	3,72b*	3,46c*
310	4,37a	3,94a	3,73b
380	4,33a	4,04a	3,89a
Termin siewu:			
1– 5 IV	4,88a	4,65a	4,42a
10– 15 IV	4,75ab	4,38a	3,99b
20 – 25 IV	4,41b	3,97b	3,48c
Dawka azotu ($t \cdot ha^{-1}$):			
0	3,95d	3,34c	3,02d
30	4,34c	3,88b	3,63c
60	4,61a	4,22a	3,94b
90	4,49b	4,30a	4,16a

* wartości w tych samych kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik, 2003 (18)

Wyżej wymienione prace uprawniają do stwierdzeń dotyczących współdziałania warunków glebowych z różnymi czynnikami agrotechnicznymi:

Gleba x gęstość siewu

W słabszych warunkach glebowych (gorsza żyzność, luźniejszy skład granulometryczny gleby, kwaśny odczyn) powinno się siać zboża gęściej niż na lepszych glebach. Jest to spowodowane gorszym rozkrzewieniem roślin rosnących na glebach o mniejszej zasobności w składniki pokarmowe i wodę. Duża gęstość siewu na glebach bardzo słabych (przepuszczalnych) może być nieefektywna w latach suchych wskutek niedostatecznego zaopatrzenia w wodę zwiększonej liczby roślin w łanie. W warunkach kwaśnego odczynu gleby uaktywnia się toksyczne oddziaływanie jonów glinu i manganu na system korzeniowy zbóż. Im mniejszy system korzeniowy, tym słabsze krzewienie się roślin skutkujące niedostateczną liczbą kłosów w łanie i dlatego bardziej efektywne stają się zwiększone ilości wysiewu.

Gleba x termin siewu

Opóźnienie siewu wywiera większy ujemny wpływ na plonowanie zbóż na glebach słabszych niż na glebach lepszych. Większa żyzność gleby wpływa bowiem dodatnio na rozkrzewienie roślin, łagodząc w pewnym stopniu ujemny wpływ na tę cechę opóźnienia siewu. Wczesny termin siewu w połączeniu z dobrymi warunkami glebowymi sprzyja wytwarzaniu większej masy vegetatywnej zbóż, co powoduje zagrożenie wylegania roślin. W takim przypadku ważny jest dobór odmiany odpornej

na wyleganie. Konieczności przestrzegania wczesnego terminu siewu, szczególnie na glebach lżejszych sprzyja szybsze tempo przesychania takich gleb po zimie i możliwość szybszej ich uprawy.

Gleba x nawożenie azotem

Na glebach żyznych występuje silniejsze krzewienie roślin zbóż i bujniejszy ich wzrost w efekcie dobrego zaopatrzenia w składniki pokarmowe i wodę, co potęguje stopień wylegania w przypadku dużej dawki azotu zwiększającej zwarcie łanu zbóż. Nadmierne zagęszczenie łanu i słabe jego przewietrzenie sprzyjają nasileniu się porażenia zbóż przez choroby, które wraz z wyleganiem przyczyniają się do znacznych strat plonu. Uzasadnia to potrzebę stosowania niższych dawek N na najlepszych glebach (kompleksy pszenne). W miarę zmniejszania się zwięzłości gleby i związanej z tym wielkości kompleksu sorpcyjnego (gleby średnie) obniża się zasobność gleby w azot, co stwarza potrzebę dostarczenia go w większej ilości w nawozach. Jednak na glebach słabych (kompleks żytni dobry, a zwłaszcza żytni słaby) z uwagi na niskie plony (mniejsze pobranie N z gleby) zaleca się mniejsze dawki.

Gleba x odmiany

Odmiany zbóż, a zwłaszcza jęczmienia jarego, różnią się wymaganiami glebowymi. Bardziej tolerancyjne na słabsze warunki glebowe są odmiany o silniejszym systemie korzeniowym i mocniej krzewiące się. Dzięki lepszej penetracji korzeni w głębszej warstwie gleby potrafią one efektywniej wykorzystywać składniki pokarmowe i wodę. Dla odmian odpowiednich do uprawy w dobrych warunkach glebowych mniej ważna jest wielkość systemu korzeniowego (z uwagi na lepszą żyzność wierzchniej warstwy gleby), a większe znaczenie ma obsada ziaren w kłosie i odporność na wyleganie.

Gleba x ochrona roślin

W dobrych warunkach glebowych wzrasta znaczenie chemicznej ochrony roślin zbóż. Lepsza żyzność gleby sprzyja wschodom i wzrostowi licznych gatunków chwastów, a także wpływa na zwiększenie masy nadziemnej roślin zbóż. W tych warunkach pogarsza się przewiewność łanu, co ułatwia rozprzestrzenianie się chorób. Racjonalny w tym przypadku jest dobór odmian odporniejszych na choroby lub wysiew odpowiednich mieszanin odmian, które są słabiej porażane przez choroby.

Podsumowanie

Warunki glebowe wywierają bardzo duży wpływ na plonowanie zbóż. Wśród właściwości gleby duże znaczenie ma jej skład granulometryczny i zwięzłość podłoża, następnie pH gleby, a ponadto jej zasobność w składniki pokarmowe i wodę. Zwięzlejszych gleb wymaga szczególnie pszenica, a następnie jęczmień i pszenżyto. Tolerancyjnymi gatunkami zbóż na luźniejszą teksturę gleby są żyto i owies.

Najmniej odpornym gatunkiem na kwaśny odczyn gleby jest jęczmień, a ponadto pszenica, natomiast żyto i owies są bardziej tolerancyjne na niskie pH gleby. Niższe plonowanie zbóż na glebach luźniejszych i kwaśniejszych jest spowodowane gorszym rozkrzewieniem produkcyjnym roślin rosnących w takich warunkach, a także niewielkim zmniejszeniem liczby ziaren w kłosie. Jest to przyczyną modyfikowania zaleceń odnośnie głównych czynników agrotechnicznych w zależności od jakości gleby. Reasumując, największe wymagania glebowe ma pszenica, a następnie jęczmień i pszenżyto. W słabszych warunkach glebowych lepiej od wymienionych gatunków plonują żyto i owies.

Literatura

1. Adamiak E., Adamiak J.: Changes of the chosen chemical properties of soil as a result of long-term cereal cultivation in crop rotation and monoculture. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 2015, **14**(1): 3-10.
2. Biskupski A., Włodek S., Sekutowski T., Smagacz J.: Effect of tillage systems and straw fertilization on the grain field and selected indicators of cereals and physical properties of soil. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 2012, **11**(3): 17-29.
3. Dechnik I., Łabuda S., Filipiek T.: Reakcja jęczmienia jarego na zróżnicowaną wilgotność i wysycenie kompleksu sorpcyjnego gleby kationami. *Rocz. Glebozn.*, 1990, **3/4**: 95-100.
4. Fotyma M., Listowski A., Witek T.: Agroeologiczne podstawy uprawy roślin. PWRiL, Warszawa, 1986.
5. Kozłowska-Ptaszyńska Z.: Wpływ gęstości siewu na architekturę i wydajność łanu jęczmienia jarego uprawianego na różnych glebach. *Pam. Puł.*, 1994, **104**: 31-50.
6. Kuszelewski L., Łabętowicz J.: Skutki niezrównoważonego nawożenia mineralnego w świetle trwałego doświadczenia polowego. *Rocz. Glebozn.*, 1991, **3/4**: 9-17.
7. Mazurek J., Noworolnik K.: Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna i białka żyta na różnych kompleksach glebowych. *Mat. Konf. Uprawa i wykorzystanie żyta w Polsce – stan obecny i przyszłość*. Puławy 2000, 119-120.
8. Mazurek J., Noworolnik K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie żyta uprawianego w różnych warunkach glebowych. *Pam. Puł.*, 2001, **128**: 189-198.
9. Mazurek J., Sułek A.: Plonowanie pszenicy jarej na różnych glebach w zależności od gęstości siewu. *Pam. Puł.*, 1996, **107**: 5-12.
10. Noworolnik K.: Wpływ nawożenia azotowego, terminu i gęstości siewu oraz warunków glebowych na plonowanie jęczmienia jarego. *Biul. IHAR*, 1989, **169**: 169-176.
11. Noworolnik K.: Reakcja jęczmienia ozimego na warunki glebowe, nawożenie azotem oraz termin i gęstość siewu. *Pam. Puł.*, 1989, **94**: 237-244.
12. Noworolnik K.: Produkcyjność jęczmienia jarego w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych. *IUNG, Ser. R*, 1989, **263**: 1-37.
13. Noworolnik K.: Interspecific competition in barley and oats mixtures depending on the soil conditions. *Fragm. Agron.*, 1995, **2**: 232-233.
14. Noworolnik K.: Efektywność nawożenia azotem jęczmienia jarego w warunkach doświadczeń terenowych. *IUNG, Ser. R*, 1996, **332**: 13-22.

15. Noworolnik K.: Dostosowanie głównych czynników agrotechniki jęczmienia jarego do warunków glebowych. IUNG, Ser. K, 1998, **15/I**: 393-398.
16. Noworolnik K.: Plonowanie żyta w zależności od gatunku gleby i jej zasobności w magnez. Mat. Konf. Uprawa i wykorzystanie żyta w Polsce – stan obecny i przyszłość. Puławy 2000, 123-124.
17. Noworolnik K.: Wpływ czynników edaficznych na plon ziarna i białka jęczmienia jarego. Pam. Puł., 2001, **126**: 71-76.
18. Noworolnik K.: Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2003, **8**: 1-66.
19. Noworolnik K.: Plonowanie wybranych zbóż jarych w zależności od odczynu gleby. Bibliot. Fram. Agron., 2006, **10/06**: 59-62.
20. Noworolnik K.: Wpływ odczynu gleby na strukturę plonu ziarna zbóż jarych. Bibliot. Fram. Agron., 2006, **10/06**: 63-66.
21. Noworolnik K.: Wpływ zawartości magnezu w glebie na plonowanie jęczmienia jarego, owsa i gryki w zależności od pH gleby. Bibliot. Fram. Agron., 2006, **10/06**: 67-70.
22. Noworolnik K.: Wpływ jakości gleby na plonowanie pszenicy jarej i jęczmienia jarego. Acta Agroph., 2008a, **11(2)**: 457-464.
23. Noworolnik K.: Wpływ wybranych cech jakości gleby na plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego. Acta Agroph., 2008b, **12(2)**: 477-485.
24. Noworolnik K.: Wpływ wybranych cech jakości gleby na plonowanie pszenżyta ozimego i żyta ozimego. Acta Agroph., 2009, **14(1)**: 155-166.
25. Noworolnik K., Ruszkowska B.: Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na plonowanie odmian jęczmienia jarego. IUNG, Ser. R, 1984, **197**: 5-20.
26. Noworolnik K., Strzelec J.: Wpływ gęstości siewu i warunków glebowych na plon ziarna jęczmienia ozimego. Fram. Agron., 1991, **1**: 44-51.
27. Noworolnik K., Terelak H.: Plonowanie jęczmienia jarego i owsa oraz ich mieszanki w zależności od warunków glebowych. Rocz. Glebozn., 2005, **56(3/4)**: 60-66.
28. Noworolnik K., Terelak H.: Wpływ agrochemicznych właściwości gleb na plon ziarna i białka jęczmienia jarego i owsa oraz ich mieszanki. Rocz. Glebozn., 2006, **57(3/4)**: 72-79.
29. Pecio A., Noworolnik K.: Wpływ poziomu nawożenia azotem na produktywność jęczmienia ozimego uprawianego na glebach różnych kompleksów przydatności rolniczej. IUNG, Ser. R, 1986, **221**: 21-29.
30. Rybicki J., Noworolnik K.: Plonowanie mieszanek owsa i jęczmienia jarego na glebach różnych kompleksów. IUNG, Ser. K, 1993, **8**: 19-24.
31. Strzelec J., Noworolnik K.: Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu jęczmienia jarego na jego plonowanie na różnych gatunkach gleb. Rocz. Glebozn., 1984, **35(1)**: 107-114.
32. Strzelec J., Noworolnik K.: Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od składu granulometrycznego gleby na tle różnych poziomów nawożenia azotem i ilości wysiewu. IUNG, Ser. R, 1991, **279**: 53-65.
33. Strzelec J., Noworolnik K.: Wpływ właściwości gleb na plonowanie jęczmienia ozimego. IUNG, Ser. R, 1993, **308**: 59-65.
34. Strzelec J., Noworolnik K.: Grain and protein yields of spring and winter barley grown on various textural soil groups. Fram. Agron., 1995, **2**: 42-43.
35. Sułek A.: Wpływ obsady roślin na plonowanie pszenicy jarej na różnych glebach. Biul. IHAR, 1997, **204**: 145-155.

36. Sułęk A.: Wpływ warunków glebowych na plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Pam. Puł., 2010, **152**: 277-286.
 37. Witk T.: Wpływ jakości gleby na plonowanie roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1979, **224**: 35-46.
 38. Zarychta M., Noworolnik K.: Zmienność plonowania jęczmienia jarego w zróżnicowanych warunkach edaficznych pól produkcyjnych. Pam. Puł., 1999, **114**: 381-385.
 39. Zarychta M., Noworolnik K.: Plonowanie pszenicy ozimej w zróżnicowanych warunkach siedliskowych pól produkcyjnych. Pam. Puł., 1999, **118**: 471-477.
-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Kazimierz Noworolnik
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 818
e-mail: knoworolnik@iung.pulawy.pl

Alicja Sulek

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

ROLA MATERIAŁU SIEWNEGO I CZYNNIKI DECYDUJĄCE O JEGO JAKOŚCI W PRODUKCJI ZBÓŻ*

Słowa kluczowe: wielkość nasion, energia i zdolność kiełkowania, uprawa roli, zaprawy nasienne, herbicydy, system produkcji, biostymulacja laserowa, przechowywanie ziarna

Wstęp

Głównym czynnikiem wzrostu produkcji rolniczej jest stosowanie nośników postępu biologicznego. Wśród najważniejszych wyróżnia się właściwy dobór odmian pociągający za sobą stosowanie do siewu kwalifikowanych nasion. Nośnikom postępu biologicznego przypisuje się większe znaczenie niż innym czynnikom w produkcji rolniczej, ponieważ efekt ich stosowania oddziałuje w okresie dłuższym niż jeden sezon (18, 44, 45, 46).

Stosowanie do siewu nasion coraz niższych stopni odsiewu w wyniku wielokrotnego ich rozmnożenia powoduje degenerację odmian oraz spadek wielkości i jakości uzyskanego plonu. Najczęściej przyczyną degeneracji odmian jest przekrzyżowanie (u roślin obcopylnych) lub mechaniczne zamieszanie nasion siewnych różnych odmian (głównie gatunków samopylnych), a także ich porażenie przez choroby i szkodniki, co powoduje spadek plenności lub innych cech decydujących o wartości gospodarczej odmiany.

W Polsce obserwuje się słabe wykorzystanie potencjału plonowania nowych odmian, wynikające głównie z niskiego udziału nasion kwalifikowanych w zasiewach. Pod tym względem Polskę wyprzedzają niemal wszystkie kraje Unii Europejskiej. Przyczyną niskiego zużycia kwalifikowanego materiału siewnego w naszym kraju jest przede wszystkim duży udział małych gospodarstw, o niskim poziomie produkcji oraz relatywnie słabo rozwinięty sektor nasienny. Niski udział kwalifikowanego materiału siewnego w zasiewach to jedna z podstawowych przyczyn znacznych rozbieżności

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

między możliwymi do uzyskania, a praktycznie osiąganymi plonami zbóż. Średni poziom plonów osiąganych w doświadczeniach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) prowadzonych w warunkach przeciętnej agrotechniki wynosi ok. 46% (1, 23).

Ostatnie lata przyniosły wyraźną poprawę udziału kwalifikowanego materiału siewnego w zasiewach zbóż. Począwszy od 2007 r. obserwuje się powolną odbudowę rynku nasiennego i wzrost produkcji nasiennej zbóż. Ożywienie rynku nasion można wiązać z wprowadzeniem systemu dopłat do materiału siewnego. Również wzrósł udział plantacji nasiennych w ogólnej powierzchni uprawy zbóż (1).

Dobry, kwalifikowany materiał siewny pozwala wykorzystać możliwości oferowane przez hodowlę, a w efekcie osiągać wyższe plony, lepszą opłacalność i większe dochody rolnika.

Celem niniejszego opracowania jest określenie roli materiału siewnego i ocena wpływu wybranych czynników agrotechnicznych decydujących o jego jakości.

Cechy charakteryzujące jakość materiału siewnego

Materiał siewny charakteryzują właściwości genetyczne i somatyczne nasion. Właściwości genetyczne zależą głównie od hodowli roślin i determinują zdolność rośliny do wytwarzania określonego pod względem wielkości plonu w konkretnych warunkach środowiskowych. Wartość somatyczna nasion określona jest przez ich zdolność kiełkowania, czystość i zdrowotność, a głównie przez wigor (32). O jakości materiału siewnego decydują przede wszystkim stopień kwalifikacji, czystość, zdrowotność, zdolność kiełkowania oraz dorodność określona na podstawie masy ziarniaka lub jego wielkości. Zdolność kiełkowania nasion może być uzależniona od czynników genetycznych, warunków środowiska oddziałujących na roślinę w czasie zawiązywania, dojrzewania i zbioru oraz warunków przechowywania. Żywotność nasion mierzona zdolnością kiełkowania jest tylko wstępnym i przybliżonym wskaźnikiem ich potencjalnych możliwości produkcyjnych, ponieważ charakteryzuje ona tylko zdolność nasion do aktywnego lub utajonego życia i wytwarzania w sprzyjających warunkach normalnych kiełków (9). Wigor nasion jest sumą tych właściwości, które determinują ich fizjologiczny potencjał, tj. zdolność do szybkiego i równomiernego kiełkowania, dobrych wschodów polowych oraz rozwoju normalnych siewek w różnych warunkach środowiska. Wigor ocenia więc wstępnie przyszłą produktywność roślin (intensywność gromadzenia substancji organicznej mierzona w jednostkach suchej masy na jednostkę powierzchni gleby i jednostkę czasu) (32).

Materiał siewny (kwalifikowany) zbóż stanowią na ogół nasiona spełniające wymogi kalibrażu, jednak w pewnym zakresie są one zróżnicowane pod względem wielkości i związanej z tym ilości zawartych substancji zapasowych. Ziarna drobne nie są odpowiednio wypełnione bielmem podczas końcowego okresu dojrzewania (mają w porównaniu z ziarnami dużymi mniej skrobi, a więcej białka i substancji mineralnych) (9). Coraz większego znaczenia w zakresie przygotowania materiału

siewnego nabierają zabiegi uszlachetniające, których podstawowym zadaniem jest poprawa wartości siewnej oraz wigoru nasion (32). Do najprostszych należy rozdzielanie nasion na sitach oraz stołach grawitacyjnych, uwzględniając wielkość lub gęstość jako kryterium rozdziału. Ziarniaki dorodniejsze charakteryzują się większą energią i zdolnością kiełkowania oraz większym wigorem (tab. 1 i 2), gwarantując wyrównane wschody, co wpływa korzystnie na wielkość plonu (9, 16, 19, 20, 32). Badania prowadzone przez Sułek (41) wykazały, że dynamika wschodów pszenicy jarej zależała od wielkości nasion i warunków pogodowych panujących w okresie siewu nasion i wschodów roślin. Wyższe i bardziej wyrównane wschody stwierdzono w warunkach wysokiej temperatury powietrza w okresie siewu i wschodów, a także dużego zapasu wilgoci w glebie przed siewem nasion.

Tabela 1

Energia i zdolność kiełkowania w zależności od wielkości nasion

Rok	Badana cecha nasion	Wielkość frakcji nasion				NIR _{0,05}
		kwalifikowane niesortowane	duże >2,5 mm	średnie 2,5–2,2 mm	drobne 2,2–1,8 mm	
2000	energia kiełkowania (%)	99,3	96,1	95,3	86,2	3,88
	zdolność kiełkowania (%)	99,3	97,3	96,0	90,7	3,11
2001	energia kiełkowania (%)	98,1	98,3	95,2	85,1	4,22
	zdolność kiełkowania (%)	99,0	99,0	96,8	88,9	4,11
2002	energia kiełkowania (%)	98,1	98,3	95,2	85,1	4,22
	zdolność kiełkowania (%)	99,0	99,0	96,8	88,9	4,11

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2

Wpływ wielkości nasion na wigor siewek pszenicy jarej odmiany Opatka (średnia z lat 2001–2002)

Badana cecha nasion	Wielkość frakcji nasion				
	kwalifikowane niesortowane	duże >2,5mm	średnie 2,5–2,2 mm	drobne 2,2–1,8 mm	NIR _{0,05}
Liczba roślin z wazonu (szt.)	46,7	49,0	49,0	45,0	3,56
Zielona masa siewek (g)	5,86	11,0	5,06	3,32	1,171
Świeża masa korzeni (g)	9,17	11,04	6,14	4,26	1,873
Sucha masa siewek (g)	0,84	1,01	0,69	0,43	0,164

Źródło: opracowanie własne

Podolska (35) w badaniach nad wpływem dorodności ziarna pszenicy ozimej wykazała, że najwyższy plon ziarna pszenicy uzyskano przy wysiewie nasion dużych i materiału kwalifikowanego, a najniższy przy wysiewie nasion drobnych (tab. 4). Również Sułek (41) stwierdziła, że plon ziarna pszenicy jarej otrzymany z materiału kwalifikowanego był większy o 30,6% niż z nasion drobnych, o 18,6% od uzyskanego

z nasion średnich i o 4,7% niż z nasion dużych. Podlaski i in. (32) stwierdzili, że wydzielenie z materiału siewnego ziaren małych powodowało wzrost plonu pszenicy ozimej o 8,5% i jęczmienia jarego o 7,1%. Podolska i Sułek (34) uzyskały wzrost plonu pszenżyta ozimego odmiany Tornado o 36% przy wysiewie nasion grubych w porównaniu z nasionami drobnymi. Dorodność nasion wpływała istotnie na cechy morfologiczne rośliny i cechy struktury plonu. Wysokość rośliny, liczba roślin i kłosów na jednostce powierzchni były istotnie niższe przy wysiewie nasion drobnych, natomiast dorodność ziarna nie miała wpływu na masę 1000 ziaren, długość kłosa oraz plon ziarna z kłosa (35) (tab. 4).

Tabela 3

Dynamika wschodów (%) pszenicy jarej odmiany Opatka w zależności od wielkości nasion w 2002 roku

Wschody	Wielkość frakcji nasion				NIR $\alpha = 0,05$
	kwalifikowane	drobne 2,2–1,8 mm	średnie 2,5–2,2 mm	duże >2,5mm	
23.04	25,4	21,8	24,0	30,1	r.n.
24.04	44,8	31,8	58,5	59,3	4,57
25.04	62,7	53,9	71,5	70,6	3,48
26.04	76,5	70,8	81,4	79,1	2,22
27.04	83,5	78,0	87,0	83,8	2,34
28.04	87,0	81,8	89,0	87,0	2,25
29.04	87,3	83,0	89,0	87,0	r.n.
30.04	87,3	84,5	90,6	87,2	r.n.

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Sułek, 2007 (41)

Tabela 4

Plon ziarna i elementy plonowania pszenicy ozimej w zależności od wielkości ziarniaków (2002-2003)

Wyszczególnienie	Wielkość frakcji nasion				NIR $\alpha = 0,05$
	kwalifikowane	duże >2,5mm	średnie 2,5–2,2 mm	drobne 2,2–1,8 mm	
Plon ziarna ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	1,16	1,16	1,03	0,89	121,2
Obsada ($\text{roślin} \cdot \text{m}^{-2}$)	248	243	220	165	55,8
Liczba kłosów ($\text{szt.} \cdot \text{m}^{-2}$)	583	608	506	419	68,5
Masa 1000 ziaren (g)	52,8	51,6	51,5	52,1	r.n.
Plon ziarna z kłosa (g)	1,99	1,92	2,03	2,12	r.n.
Liczba ziaren z kłosa	37,5	35,8	38,4	40,4	3,797
Długość rośliny (cm)	92,9	91,6	86,4	81,2	9,66
Długość kłosa (cm)	8,9	8,9	9,3	9,3	r.n.
Liczba kłosków w kłosie	15,5	15,2	16,1	16,0	0,655

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Podolska, 2008 (35)

Dorodność ziarna ma wpływ na budowę przestrzenną łanu. Według Nieróbcy i Podolskiej (22) najwięcej roślin wysokich pszenżyta jarego (83%) wystąpiło w łanie w przypadku wysiewu nasion dużych, najmniej, bo jedynie 44%, z wysiewu nasion drobnych (tab. 5). Wielkość nasion miała wpływ na częstotliwość występowania roślin o różnym rozkrzewieniu (tab. 6). Najbardziej rozkrzewiony był łan, gdy do siewu użyto nasion dużych – wystąpiły w nim rośliny 2-, 3- i 4-pędowe. Również Sułek i Podolska (40) obserwowały podobne zależności w przypadku pszenżyta ozimego.

Tabela 5

Procentowy udział pędów o różnej długości w łanie i ich udział w plonie pszenżyta w zależności od wielkości nasion

Długość pędu (cm)	Wielkość frakcji nasion							
	kwalifikowane		duże (>2,5mm)		średnie (2,5–1,8 mm)		drobne (<1,8 mm)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0–75	23,2	6,9	33,8	8,8	15,4	3,4	36,8	7,8
75–90	25,4	15,6	13,0	8,2	24,6	19,1	18,8	17,2
>90	51,5	77,3	53,3	82,9	59,8	77,3	43,6	74,7

A – udział pędów o różnej wysokości (%)

B – udział pędów w plonie ziarna (%)

Źródło: Nieróbca i Podolska, 2006 (22)

Tabela 6

Procentowy udział roślin o różnej krzewistości w łanie pszenżyta w zależności od wielkości nasion

Kategoria roślin	Wielkość frakcji nasion			
	kwalifikowane	duże (>2,5mm)	średnie (2,5–1,8 mm)	drobne (<1,8 mm)
Jednopędowe	20	0	15	10
Dwupędowe	55	45	45	35
Trzypędowe	15	35	40	30
Czteropędowe	10	20	0	25

Źródło: Nieróbca i Podolska, 2006 (22)

Stosowanie herbicydów

Herbicydy mogą wpływać na właściwości fizjologiczne i mogą zmieniać żywotność nasion (8,13), co może powodować obniżenie ich wartości siewnej. Badania Romek i Dzienni (37) wykazują, że zastosowanie wiosennego oprysku herbicydem Arelonem ujemnie wpływa na wartość siewną ziarna pszenżyta, powodując spadek jego energii kiełkowania. Klimont natomiast (14) stwierdził tendencję do obniżenia energii kiełkowania ziarna w porównaniu z wariantem kontrolnym po zastosowaniu

herbicydów w łanie pszenicy ozimej. Zastosowane herbicydy nie różnicowały istotnie procentowego udziału ziarniaków kielkujących normalnie i martwych (tab. 7).

Tabela 7

Wpływ herbicydów na wartość siewną ziarna pszenicy ozimej (1997–1998)

Wyszczególnienie	Dawka (l·ha ⁻¹ ; g·ha ⁻¹)	Cechy nasion			
		energia kielkowania (%)	zdolność kielkowania (%)	ziarniaki nienormalnie kielkujące (%)	ziarniaki martwe (%)
Kontrola	0	90,4	95,0	2,1	2,9
Aminopielik D	3,0	90,4	93,5	2,9	3,6
Chwastox D	5,0	89,4	91,8	3,4	4,8
Granstar 75 DF	30,0	88,9	92,1	2,4	5,5
NIR _{0,05}		r.n.	3,1	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Klimont, 2007 (14)

Sposób uprawy roli

We współczesnych technologiach zaleca się zmniejszenie intensywności uprawy roli poprzez wprowadzenie upraw bezorkowych i siewu bezpośredniego. Z badań Panasiewicz i Koziary (24) wynika, że oceniane parametry wartości siewnej ziarna w niewielkim stopniu, aczkolwiek modyfikowane były przez sposoby uprawy roli. Siew bezpośredni w porównaniu z pozostałymi sposobami uprawy roli istotnie obniżał wartości ocenianych parametrów oraz zwiększał udział ziaren gnijących (tab. 8).

Tabela 8

Wpływ sposobu uprawy roli na wartość siewną ziarna pszenicy jarej

Uprawa	Zdolność kielkowania (%)	Energia kielkowania (%)	Ziarno anormalnie kielkujące (%)	Ziarno gnijące (%)
Konwencjonalna	98,70	95,60	0,55	0,55
Uproszczona	98,60	95,70	0,47	0,58
Siew bezpośredni	97,80	94,60	0,62	1,08
NIR _{0,05}	0,44	0,56	r.n.	0,16

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Panasiewicz i Koziara, 2007 (24)

Systemy produkcji roślinnej

Dane literaturowe wskazują na wpływ systemu produkcji na wartość siewną nasion zbóż. W rolnictwie ekologicznym ograniczone są możliwości zwalczania zarówno patogenów, jak i chwastów, które mogą stwarzać szczególne trudności w uzyskiwaniu zadowalających parametrów reprodukcyjnych. Panasiewicz i in. (28), porównując

ziarno z systemu ekologicznego i konwencjonalnego, wykazali istotne obniżenie wartości siewnej ziarna jęczmienia jarego w przypadku metody ekologicznej (tab. 9). Natomiast w innych badaniach (26) przeprowadzonych z pszenicą ozimą wykazano brak wpływu systemu uprawy na podstawowe parametry wartości siewnej ziarna. Badania Borówczaka i Rębarz (2) wskazują, że system produkcji różnicował parametry jakościowe określające wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Najlepszą wartością siewną charakteryzowało się ziarno z systemu ekologicznego. Również system ekologiczny i integrowany sprzyjał zwiększonemu udziałowi najdorodniejszej frakcji ziarna w plonie, o średnicy powyżej 2,75 mm (tab. 10).

Tabela 9

Wartość siewna jęczmienia jarego w zależności od systemu produkcji

System produkcji	Energia kiełkowania (%)	Zdolność kiełkowania (%)	Test wzrostu siewki (CM)	Test szybkości wzrostu siewki (mg)	Test Hiltnera (%)	Indeks wigoru
Ekologiczny	85,0	77,0	5,00	4,92	48,0	340
Konwencjonalny	87,5	89,0	8,48	7,52	61,0	723
NIR _{0,05}	r.n.	5,94	0,30	0,46	6,53	64,2

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Panasiewicz i in., 2010 (28)

Tabela 10

Wpływ systemu produkcji na udział w plonie frakcji jęczmienia jarego (%) (1997-2000)

System uprawy	Frakcje ziarna (mm)			
	<2,75	2,75–2,50	2,50–2,25	<2,25
Ekologiczny	46,1	34,4	12,4	7,1
Integrowany	46,0	38,1	10,5	5,4
Konwencjonalny	36,6	41,7	14,7	7,0
Średnio	42,9	38,1	12,6	6,5
NIR _{0,05}	3,6	3,5	1,8	1,3

Źródło: Borówczak i Rębarz, 2008 (2)

Metody polepszające wartość siewną ziarna

Zaprawianie nasion

Zaprawianie ziarna jest jednym ze sposobów niszczenia sprawców chorób przenoszonych przez materiał siewny i tych, które atakują rośliny we wczesnych fazach rozwojowych. Stosowanie zapraw nasiennych ogranicza występowanie infekcji (39), ale może również działać modyfikująco na wartość siewną ziarna. Badania Faligowskiej i Panasiewicz (6) wskazały, że wyższe parametry wartości siewnej wyrażone energią kiełkowania i indeksem wigoru odnotowano w przypadku ziarna zaprawionego preparatem zawierającym substancję czynną fludioksonil niż karbok-

syna + tiuram (tab. 11). W innych badaniach (25) stwierdzono zróżnicowany wpływ zapraw nasiennych na wartość siewną ziarna zbóż. Zastosowanie preparatu Baytan Universal 094 FS powodowało obniżenie zdolności kiełkowania ziarna jęczmienia jarego, kukurydzy, owsa i pszenicy ozimej. Natomiast zastosowanie biologicznej zaprawy nasiennej Bioczos BR obniżało zdolność kiełkowania jęczmienia jarego, kukurydzy, pszenżyta jarego i ozimego, jęczmienia ozimego i żyta, a stosowanie Biochikolu 020 obniżało wartość siewną ziarna kukurydzy, jęczmienia ozimego i żyta. Również badania Horoszkiewicz-Janki i Jajor (10) wykazywały istotny wpływ wielu zapraw nasiennych na wartość siewną nasion. Spośród zastosowanych preparatów jedynie Biochicol 020 PC, Bioczos 60 SL oraz Funaben T 75 DS/WS w małym stopniu ograniczały energię i zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia jarego (tab. 12)

Tabela 11

Wpływ zaprawy nasiennej na wigor i energię kiełkowania ziarna pszenicy ozimej odmiany Legenda

Wyszczególnienie	Substancja czynna		NIR _{0,05}
	fludioksonil	karboksyna + tiuram	
Energia kiełkowania (%)	95	89	r.n.
Test wzrostu siewki (cm)	7,6	7,4	r.n.
Test szybkości wzrostu siewki (mg)	168,5	170,2	r.n.
Indeks wigoru	722,0	688,2	33,6

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Faligowska i Panasiewicz, 2011 (6)

Tabela 12

Wpływ wybranych preparatów na energię i zdolność kiełkowania ziarna jęczmienia

Zaprawa	Energia kiełkowania (%)	Zdolność kiełkowania (%)
BioLux - New	47,25	55,50
Biochicol 020 PC	87,25	94,75
Bioczos BR	86,50	92,50
Biosept 33 SL	77,25	88,25
Cedomon EO	69,00	84,25
Cropaid	57,75	67,25
Polyversum	62,25	71,75
Funaben T 75 DS/WS	90,25	97,00
Vitavax 200 FS	62,50	68,75
Kontrola	86,00	89,75
NIR _{0,05}	10,059	10,818

Źródło: Horoszkiewicz-Janka i Jajor, 2007 (10)

Czynniki fizyczne

W celu poprawy jakości materiału siewnego oprócz powszechnie stosowanych zapraw nasiennych mogą być wykorzystane metody fizyczne, spośród których na uwagę

zasługuje poddanie nasion działaniu promieni jonizujących, laserowych, podczerwonych, ultrafioletowych oraz pola magnetycznego (3, 7). Metody fizyczne nie zastępują skutecznie metod chemicznych, ale mogą być dobrym ich uzupełnieniem. Jedną z metod fizycznych mogących mieć zastosowanie w ulepszaniu materiału siewnego jest stymulacja nasion stałym lub zmiennym polem magnetycznym. Z doniesień literatury wynika, że pole magnetyczne, zmieniając przebieg niektórych procesów fizjologicznych i biochemicznych w nasionach, oddziałuje także na kiełkowanie oraz późniejszy wzrost i rozwój roślin. Traktowanie polem magnetycznym nasiona szybciej pęcznieją i rozpoczynają kiełkowanie, czego efektem są wcześniejsze i bardziej równomierne wschody roślin (15, 29, 33, 38). Wielkość efektu działania pola magnetycznego na nasiona roślin uprawnych zależy od wilgotności materiału siewnego (30), warunków klimatyczno-glebowych (31) oraz gatunków roślin (36).

Metoda biostymulacji laserowej wykorzystuje zjawisko fizyczne polegające na zdolności pochłaniania i magazynowania energii świetlnej przez nasiona, które mogą przekształcić ją w energię chemiczną, magazynować i wykorzystywać w późniejszym wzroście. Dostarczenie dodatkowej energii wskutek przedśiewnego naświetlania promieniami lasera zwiększa potencjał energetyczny nasion (4, 5, 42). Dane literaturowe (12) wskazują, że światło lasera pozytywnie oddziałuje na energię, zdolność kiełkowania, wschody nasion oraz plonowanie zbóż. Efekt oddziaływania zależał od gatunku rośliny, odmiany, wielkości dawki użytej energii oraz warunków agrometeorologicznych. Szajnsner i Drozd (42, 43), stosując do przedśiewnej biostymulacji laser półprzewodnikowy otrzymały poprawę wartości siewnej materiałów nasiennych zbóż (tab. 13). W badaniach Zubala (47) wykazano poprawę wschodów na skutek naświetlania nasion, ale nie wpływało to na wzrost plonu zbóż. Natomiast Klimont (12) stwierdził pozytywny wpływ przedśiewnej biostymulacji nasion na poprawę wschodów roślin, co przekładało się również na wzrost plonu nasion (tab. 13).

Tabela 13

Średnie wartości (%) i grupy jednorodne dla energii i zdolności kiełkowania

Dawki	Energia kiełkowania (%)	Zdolność kiełkowania (%)
Kontrola	86,0b*	92,4b
I – $2,5 \times 10^{-1} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3}$	90,5a	94,1a
II – $5,0 \times 10^{-1} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3}$	91,7a	93,8a
III – $7,5 \times 10^{-1} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3}$	90,6a	94,4a

* Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$
Źródło: Szajnsner i Drozd, 2001(42)

Przechowywanie ziarna zbóż

Ziarno zbóż łatwo ulega zepsuciu i dlatego wymaga przygotowania do przechowywania oraz zapewnienia warunków pozwalających na dłuższy okres składowania bez większych zmian jakościowych i strat ilościowych (21). Warunki przechowywania ziarna zbóż mogą modyfikować jego jakość siewną. Ziarno jest żywym organizmem,

w którym przebiegają procesy życiowe związane z przemianą materii. Ich intensywność zależy od wilgotności i temperatury. Najważniejszym procesem jest oddychanie. W wilgotnym ziarnie wywołuje ono rozkład substancji zapasowych, zwłaszcza skrobi, na cukry proste oraz dwutlenek węgla, wodę, przy równoczesnym wytwarzaniu energii cieplnej. Powoduje to wzrost temperatury i wilgotności ziarna, co w konsekwencji skutkuje ubytkiem masy ziarna oraz rozwojem drobnoustrojów, bakterii i pleśni. Prowadzi to nie tylko do zmiany zapachu ziarna, ale także obniżenia jego zdolności kiełkowania (11). W celu zapewnienia bezpiecznego przechowywania zebranego ziarna jego wilgotność w zależności od sposobu i okresu przechowywania powinna wynosić od 13 do 17%.

Czas bezpiecznego przechowywania określany jest na podstawie wilgotności i temperatury ziarna oraz powietrza w przestrzeniach międzyziarnowych. Za kryterium bezpieczeństwa przyjmuje się najczęściej rozwój pleśni. Jak podaje Kaleta i Górnicki (11) ziarno o wilgotności 14% i temperaturze 5°C można bezpiecznie przechowywać prawie 3 lata, a o wilgotności 24% i temperaturze 25°C tylko kilkadziesiąt godzin.

Ziarno zbóż przeznaczone do dłuższego przechowywania nie powinno być traktowane zaprawami nasiennymi. Jak podaje Kusińska (17), przechowywanie zaprawionego ziarna przez 180 dni powoduje istotne osłabienie zdolności kiełkowania i wigoru oraz wzrost liczby nasion martwych. Natomiast w badania Panasiewicz i in. (27) wykazano, że przechowywanie zaprawionego ziarna zbóż jarych: jęczmienia, pszenicy, owsa i kukurydzy oraz zbóż ozimych: jęczmienia, pszenicy, pszenżyta i żyta przez 365 dni nie spowodowało jednoznacznych zmian ich wartości siewnej, z tym że zaznaczyło się osłabienie zdolności kiełkowania, szczególnie w przypadku ziarniaków nieoplewionych.

Podsumowanie

Podstawowym czynnikiem plonotwórczym roślin zbożowych jest jakość materiału siewnego. O jego jakości decyduje przede wszystkim stopień kwalifikacji, czystość, zdrowotność, zdolność kiełkowania oraz dorodność określana na podstawie masy ziarniaka lub jego wielkości. Materiał siewny stanowi populację nasion o różnej wielkości. Ziarno dorodne ma wyższą zdolność kiełkowania, odznacza się większym wigorem siewek, większą produktywnością oraz szybszymi i równomiernymi wschodami. Parametry jakości ziarna są modyfikowane już na roślinie macierzystej poprzez stosowane zabiegi agrotechniczne. W celu poprawy jakości materiału siewnego wykorzystuje się m.in. metody chemiczne polegające na zaprawianiu nasion oraz metody fizyczne, spośród których na uwagę zasługuje poddanie nasion działaniu promieni laserowych oraz pola magnetycznego. Materiał siewny o odpowiedniej wilgotności (do której powinien być doprowadzony w prawidłowo przeprowadzonym procesie suszenia) ma szansę utrzymać zadowalającą wartość siewną po wyznaczonym okresie przechowywania.

Literatura

1. Arseniuk E., Oleksiak T.: Stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego a efekty produkcji zbóż. Agro Serwis, 2013, 1-5.
2. Borówczak F., Rębarz K.: Wpływ deszczowania i systemu uprawy na elementy plonowania i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. J. Res. Appl. Agric. Engin., **55(4)**: 42-45.
3. Bujak K., Frant M.: Wpływ przedsiewnej stymulacji nasion zmiennym polem magnetycznym na plonowanie pszenicy jarej. Acta Agroph., 2009, **14(1)**: 19-29.
4. Drozd D., Szajsner H.: Efekt biostymulacji laserowej u roślin zbożowych. Biul. IHAR, 2001, **218/219**: 235-239.
5. Drozd D., Szajsner H.: Analiza reakcji genotypów pszenicy jarej na działanie promieniowania laserowego. Biul. IHAR, 2006, **242**: 57-62.
6. Faligowska A., Panasiewicz K.: Wartość siewna i wigor ziarna pszenicy ozimej w zależności od okresu przechowywania oraz zastosowanej zaprawy. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2011, **51(1)**: 28-32.
7. Grzesik M., Janas R., Górnik K., Romanowska-Duda Z.: Biologiczne i fizyczne metody stosowane w produkcji i uszlachetnianiu nasion. J. Res. Appl. Agric. Engin., 2012, **57(3)**: 147-152.
8. Grzesiuk S.: Uboczny wpływ pestycydów na wartość biologiczną nasion. Post. Nauk Rol. 1973, **3(140)**: 45-60.
9. Grzesiuk S., Kulka K.: Biologia ziarniaków zbóż. PWN, Warszawa 1998.
10. Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E.: Wpływ wybranych biopreparatów do zaprawiania jęczmienia na zasiedlenie ziarna przez grzyby. J. Res. Appl. Agric. Engin., 2007, **52(3)**: 61-66.
11. Kaleta A., Górnicki K.: Bezpieczne przechowywanie ziarna – studium zagadnienia. Inż. Roln., 2008, **1(99)**: 137-143.
12. Klimont K.: Wpływ naświetlania laserem nasion na plon i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Biul. IHAR, 2002, **223-224**: 169-178.
13. Klimont K., Dul S.: Ocena chwastobójcza działania preparatu Lintur 70 WG oraz jego wpływ na plon i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Biul. IHAR, 1998, **207**: 93-98.
14. Klimont K.: Wpływ herbicydów na wartość siewną i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego, pszenżyta jarego. Biul. IHAR, 2007, **243**: 57-67.
15. Kornarzyński K., Pietruszewski S.: Effect of the stationary magnetic field on the gremination of wheat grain. Int. Agrophys., 1999, **13**: 457-461.
16. Kwiatkowski J.: Wpływ wielkości ziarniaków pszenżyta na ich wartość siewną. Pam. Puł., 2004, **135**: 145-155.
17. Kuśńska E.: Wpływ warunków przechowywania ziarna pszenicy ozimej na zdolność kiełkowania. Inż. Roln., 2008, **107(9)**: 165-171.
18. Krzymuski J.: Postęp odmianowy w produkcji zbóż w Polsce. Cz. I. Problematyka, zakres materiałów i metodyka badań. Biul. IHAR, 1991, **177**: 146-155.
19. Lomowicz S., Dokic D., Sobovljevic R., Ciric D.: Effect of weight and protein content on gremination energy and percentage in seeds of wheat. Selekcija i Semearstvo, 1995, **2(1)**: 127-130.
20. Martinic J., Kalinowicz I., Guberac V.: Influence of cereal grain size on laboratory and field germination. Novi izzivi v poljedelstvu 96. Simpozija, Ljubljana. Slovenia, 9–10 decembra, 1996, 149-153.
21. Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Liszewski M.: Wpływ warunków przechowywania na zdrowotność i cechy towaroznawcze ziarna jęczmienia jarego. Pam. Puł., 2004, **135**: 189-198.

22. Nieróbca P., Podolska G.: Wpływ wielkości nasion na wartość nasienną, plonowanie i budowę łanu pszenżyta jarego. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 2006, **247(100)**: 127-132.
23. Oleksiak T.: Zaopatrzenie w kwalifikowany materiał siewny zbóż. *Wiś Jutra*, **2012**, 12-14.
24. Panasiewicz K., Koziara W.: Plonowanie i wartość siewna ziarna pszenicy ozimej w zależności od uwarunkowań wodnych i sposobu uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 2007, **4(96)**: 65-72.
25. Panasiewicz K., Koziara W., Sulewska H.: Parametry wigorowe ziarna zbóż w zależności od biologicznych i chemicznych zapraw nasiennych. *J. Res. Appl. Agric. Engin.*, 2007, **52(4)**: 14-17.
26. Panasiewicz K., Koziara W., Sulewska H., Krawczyk R.: Wartość siewna i wigor ziarna pszenicy ozimej uprawianej zgodnie z systemem ekologicznym i konwencjonalnym. *J. Res. Appl. Agric. Engin.*, 2011, **56(4)**: 58-61.
27. Panasiewicz K., Faligowska A., Pocijewska M.: Wartość siewna oraz wigor dwóch odmian pszenicy ozimej w zależności od warunków przechowywania. *Nauka Przyroda Technologia*, 2012, **6(3)**: 1-8.
28. Panasiewicz K., Koziara W., Krawczyk R.: Porównanie wartości siewnej i wigtora ziarna jęczmienia jarego uprawianego zgodnie z systemem ekologicznym i konwencjonalnym. *J. Res. Appl. Agric. Engin.*, 2010, **55(4)**: 42-45.
29. Pietruszewski S.: Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. *Rozprawy Naukowe AR Lublin*, 1999, **220**.
30. Pietruszewski S.: Influence of pre-sowing magnetic biostimulation of wheat seeds. *Int. Agrophys.*, 1999, **13**: 241-244.
31. Pitman U.J., Carefoot J.M., Ormrod D.P.: Effect of magnetic seed treatment on yield of barley, wheat and oats in Southern Alberta. *J. Plant Sci.*, 1977, **57**: 37-45.
32. Podlaski S., Grabowska M., Wyszowska Z., Wzorek H.: Wpływ sposobu uszlachetniania nasion na jakość materiału siewnego i plon pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i rzepaku ozimego. Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji rolniczej. Konferencja naukowa PAN, SGGW Warszawa, 1993, 64-69.
33. Podleśny J.: Wpływ stymulacji magnetycznej nasion na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych. *Acta Agrophys.*, 2004, **4(2)**: 459-473.
34. Podolska G., Sułek A.: Wpływ wielkości nasion na plon i strukturę plonu pszenżyta ozimego. *Fol. Univ. Agric. Stein. Agricultura*, 2002, **91(228)**: 113-118.
35. Podolska G.: Wpływ wielkości nasion na wartość siewną, cechy struktury plonu, budowę łanu i plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 327-337.
36. Rochalska M.: Pole magnetyczne jako środek poprawy wigtora nasion. *Mat. I Międzynarodowej Konf. Nauk „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze – Agrolaser 2001”*, Lublin, 2001, 167-168.
37. Romek B., Dzienia S.: Efektywność herbicydów stosowanych w pszenżycie ozimym. *Mat. Sympozjum Nauk. Biologia i uprawa pszenżyta. Międzyzdroje 1993*, 58.
38. Rybiński W., Pietruszewski S., Komarzyński K.: Ocena oddziaływania pola magnetycznego i traktowania chemomutagenem na zmienność cech jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agroph.*, 2002, **62**: 135-145.
39. Siddiqui Z.S., Zaman A.U.: Effects of benlate systemic fungicide on seed germination, seedling growth, biomass and phenolic contents in two cultivars of *Zea mays* L. *Pak. J. Bot.*, 2004, **36(3)**: 577-582.
40. Sułek A., Podolska G.: Wpływ wielkości nasion na wartość siewną, plonowanie i budowę łanu pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 305-315.

41. Sułek A.: Wpływ wielkości nasion na dynamikę wschodów i plonowanie pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 2007, **2(94)**: 307-314.
 42. Szajsner H., Drozd D.: Przedsiewne oddziaływanie światła laserowego na cechy materiału siewnego pszenicy jarej. *Acta Agroph.*, 2001, **46**: 179-186.
 43. Szajsner H., Drozd D.: Reakcja odmian jęczmienia jarego na promieniowanie laserowe. *Acta Agroph.*, 2007, **9(30)**: 783-790.
 44. Wicki L.: Postęp biologiczny w produkcji roślinnej – znaczenie, tempo, formy kreowania i upowszechnienia. W: *Procesy dostosowawcze produkcji roślinnej w Polsce w kontekście integracji z Unią Europejską*, B. Klepacki (red). *Wiś Jutra*, 2002, 118-142.
 45. Wicki L.: Wykorzystanie postępu odmianowego w produkcji zbóż w polskim rolnictwie. *Rocz. Nauk Rol.*, 2008b, Ser. G, **94(2)**: 136-146.
 46. Wicki L.: Zmiany w zużyciu nasion kwalifikowanych w Polsce. *Rocz. Nauk Rol.*, 2009, Ser. G, **96(4)**: 226-237.
 47. Zubala P.: Effect of laser treatment of seeds on yields of cereals and legumes. *Vedecke Prace Vyskumneho Ustawu*, 1990, **23**: 141-156.
-

Adres do korespondencji:

dr hab. Alicja Sułek
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 819
e-mail: sulek@iung.pulawy.pl

Grażyna Podolska

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

GRYKA ŹRÓDŁEM SKŁADNIKÓW DO PRODUKCJI ŻYWNOŚCI FUNKCJONALNEJ*

Słowa kluczowe: gryka, białka, związki bioaktywne, procesy technologiczne

Wstęp

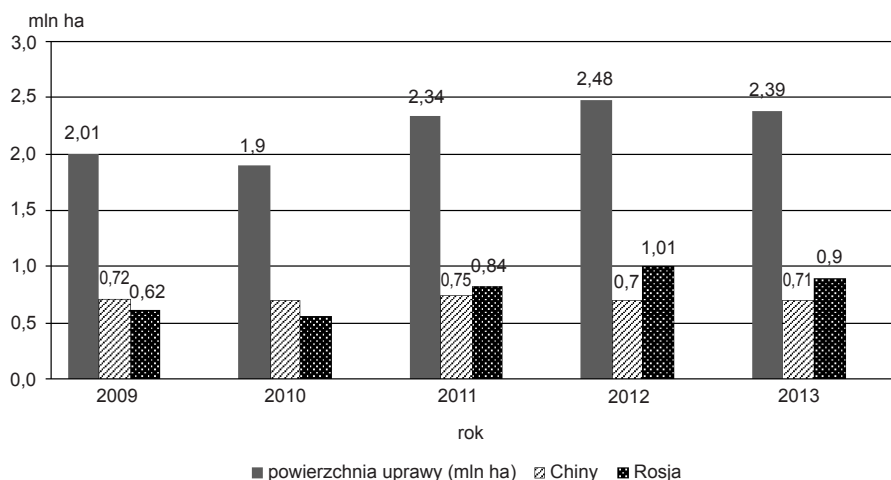
Żywność jest jednym z głównych czynników wpływających na zdrowie i samopoczucie ludzi. Zauważył to już Hipokrates, który powiedział: „Niech żywność będzie waszym lekarstwem” oraz „Wszystkie choroby przychodzą do człowieka przez usta z pożywieniem” (65). Współczesna medycyna docenia znaczenie żywienia w profilaktyce i leczeniu tzw. chorób cywilizacyjnych. Udowodniono, że ponad 50 zespołów chorobowych rozwija się na skutek wadliwego żywienia, są to choroby tzw. dietozależne. Zalicza się do nich: choroby sercowo-naczyniowe, nowotwory, otyłość, cukrzycę, osteoporozę, alergię i uszkodzenie wątroby. Konsumenci coraz bardziej świadomi takiego związku oczekują żywności o specyficznych cechach prozdrowotnych – żywności funkcjonalnej. „Żywność może być uznana za funkcjonalną, jeżeli udowodniono jej korzystny wpływ na jedną lub więcej funkcji organizmu, ponad efekt odżywczy, który to wpływ polega na poprawie stanu zdrowia i samopoczucia i/lub zmniejszaniu ryzyka chorób. Żywność funkcjonalna musi pozostawać żywnością i wykazywać korzystne oddziaływanie w ilościach, które będą normalnie spożywane z dietą, przy czym nie są to tabletki czy kapsułki, ale normalny skład diety” (58). Za kluczowe dla osiągnięcia profilaktycznego i terapeutycznego działania żywności funkcjonalnej uznano następujące substancje: błonnik pokarmowy, fruktooligosacharydy, alkohole wielowodorotlenowe, polifenole, fosfolipidy, białka i peptydy, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, składniki mineralne, witaminy, probiotyki, nitrozwiazki (33, 56, 63). Jednym ze sposobów wytwarzania tego rodzaju żywności

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

jest wzbogacanie produktów w wyżej wymienione związki lub wzbogacenie diety o produkty w nie bogate (21, 24, 25, 28, 60). Bardzo ważnym komponentem żywności funkcjonalnej są surowce zbożowe w tym gryka (10).

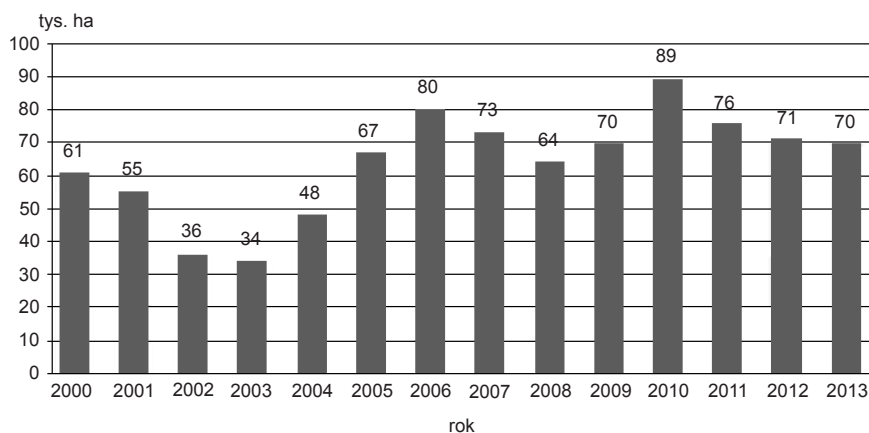
Gryka zwyczajna (*Fagopyrum esculentum* Moench) jest rośliną dwuliścienną z rodziny rdestowatych, zaliczana do grupy roślin zbożowych ze względu na podobny skład chemiczny nasion, ich użytkowanie oraz agrotechnikę. Pochodzi ona ze wschodniej i środkowej Azji. Grykę zaczęto uprawiać ok. 2000 r. p.n.e. w górskich rejonach północnej Indii (dziś częściowo Pakistan). Stamtąd uprawa zawędrowała do Chin, Korei i Japonii, jednocześnie rozpowszechniając się w Azji Środkowej. Gryka w Europie środkowej była znana w epoce neolitu. W XIII–XIV w. jej uprawa rozpowszechniła się na zachód Europy. W Polsce pierwsze wzmianki o gryce jako roślinie uprawnej pochodzą z XVI w.

Powierzchnia uprawy gryki w świecie w ostatnich latach wynosi od 1,9 do 2,48 mln ha, a największy areal uprawy znajduje się w Rosji, Chinach i na Ukrainie (rys. 1). W Polsce w latach 2000–2013 wahał się od 34 (2003 r.) do 89 tys. ha (2010 r.) (rys. 2). Z gryki pozyskuje się przede wszystkim orzeszki, które mają cenne właściwości odżywcze, dietetyczne i zdrowotne. Wykorzystuje się ją na cele konsumpcyjne i lecznicze. Ze względu na unikatowy skład chemiczny orzeszki gryki stanowią cenny surowiec do produkcji żywności funkcjonalnej i dodatków do żywności (4, 26, 43, 47, 50).



Rys. 1. Powierzchnia uprawy gryki na świecie oraz w Chinach i Rosji

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FAO (66)



Rys. 2. Powierzchnia uprawy gryki w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych FAO (66)

Skład chemiczny gryki istotny z funkcjonalnego punktu widzenia

Tłuszcze gryki mają zróżnicowany skład, co czyni ją cennym surowcem z punktu widzenia żywieniowego. Stanowią one przeciętnie od 2,5 do 3,5% s.m.; wśród nich na szczególną uwagę zasługuje wysoka zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych (90% s.m.), w tym trójglicerydów ok. 2%, fosfolipidów 0,8% oraz fitosteroli 0,06%.

Wśród węglowodanów przeważa skrobia, której zawartość wynosi od 59 do 79% s.m. (55). Spośród składników pełniących funkcje fizjologiczne na szczególną uwagę zasługuje błonnik pokarmowy, w tym skrobia oporna na amylozę, która stanowi od 33 do 38% ogólnej jej zawartości. Duży udział tej frakcji powoduje, że skrobia gryczana zaliczana jest do niskoenergetycznej, ponieważ frakcja oporna nie jest wchłaniana w jelicie cienkim, a ulega fermentacji w jelicie grubym (16, 20, 61).

Popiół stanowiący 2% s.m. nasion gryki charakteryzuje się wysoką zawartością makro- i mikroelementów (K, Mg, Fe, Cu, Cr, Zn, Co) niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Na szczególną uwagę zasługuje duża zawartość magnezu (21–63 mg w 100 g produktu) oraz rzadkich pierwiastków, takich jak brom, kobalt i platyna (7, 16). Minerale, a szczególnie potas, powodują obniżenie ciśnienia krwi (32). Orzeszki gryki są również bogatym źródłem witamin z grupy B, choliny, witaminy PP oraz E, a ponadto zawierają witaminy o charakterze przeciwutleniającym, do których należą witamina E oraz w śladowych ilościach β -karoten (21, 63).

Białka gryki stanowią od 11 do 16% s.m. Ich wartość biologiczna oraz skład frakcyjny jest jednym z kryteriów decydujących o wykorzystaniu gryki do produkcji żywności funkcjonalnej (18, 29). Charakteryzują się dobrze zbilansowanym składem aminokwasowym i dużą ilością aminokwasów egzogennych (tab. 1). Zawartość lizyny jest ok. 2-krotnie większa niż w białku ziarna zbóż. Białko gryki jest też bogate

w arginie i tryptofan. Jego wartość biologiczna jest zbliżona do wartości biologicznej białka jaja kurzego. Pisulewska i in. 2001 (51), porównując skład aminokwasowy białka orzeszków polskich odmian gryki z wzorcem białka idealnego opracowanym przez FAO/WHO (17) dla ludzi dorosłych stwierdziła, że za wyjątkiem poziomu leucyny w przypadku odmiany Luba białko to pokrywa zapotrzebowanie codzienne człowieka na aminokwasy niezbędne. Natomiast porównując go z wzorcem białka idealnego opracowanym przez Millworda (45) stwierdziła, że wartości wszystkich aminokwasów w pełni pokrywają zapotrzebowanie człowieka na aminokwasy niezbędne (tab. 1), a strawność rzeczywista białka jest podobna do najlepszych pod względem żywieniowym polskich odmian pszenicy i pszenżyta. W porównaniu z roślinami zbożowymi, a przede wszystkim pszenicy, gryka różni się w zawartości poszczególnych grup białek. Głównymi grupami białek gryki są albuminy i globuliny (tab. 2), natomiast prolaminy mają niewielki udział. Najprawdopodobniej mała ilość prolamin decyduje o tym, że skład białka gryki jest tak doskonały (30). Udowodniony jest wpływ białkowych ekstraktów gryki na obniżenie poziomu frakcji cholesterolu LDL i VLDL, a wynika to z niskiego stosunku lizyny do argininy i metioniny do glicyny (36). Bijlani i in. (3) badali profil lipidowy 12 pacjentów, dla których jeden posiłek w ciągu dnia stanowiło danie przygotowane ze 100 g mąki gryczanej. Po upływie 4 tygodni zaobserwowali statystycznie istotny wzrost frakcji HDL z $42,8 \pm 11,4$ mg/100 cm³ do $55,2 \pm 15,3$ mg/100 cm³, oraz wzrost stosunku frakcji HDL do całkowitego cholesterolu z $26,7 \pm 7,0\%$ na $33,8 \pm 10,2\%$.

Kayashita i in. (36), prowadząc badania nad wpływem ekstraktu białkowego z mąki gryczanej na metabolizm cholesterolu u szczurów otrzymali ekstrakt zawierający 61,9% białka, 11,3% tłuszczu, 11,3% pozbawionych włókna węglowodanów oraz 10,1% wilgotności. Uzyskali oni obniżenie poziomu cholesterolu w osoczu oraz wątrobie w wyniku karmienia zwierząt przez 3 tygodnie wymienionym ekstraktem w porównaniu z białkiem sojowym (tab. 3). W innych badaniach Kayashita i in. (36) wykazali istotny wpływ ekstraktu białkowego z mąki gryczanej na obniżenie trójglicerydów w osoczu w porównaniu z dietą zawierającą kazeinę. Ponadto koncentracja wolnych kwasów tłuszczowych, cholesterolu całkowitego i fosfolipidów po spożyciu diety składającej się z koncentratu z mąki gryczanej była istotnie niższa niż w diecie, w której stosowano kazeinę (tab. 4). Inne działanie prozdrowotne ekstraktów białkowych gryki związane jest z zapobieganiem rozwojowi nowotworów jelita grubego (36), obniżaniem tkanki tłuszczowej w okolicach nerek i nadnerczy.

Właściwości białek gryki, a przede wszystkim brak frakcji α -gliadyny powoduje, że gryka może być stosowana u osób chorych na celiakię (9, 18, 54, 59).

Tabela 1

Skład aminokwasowy ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ białka) oraz wartość odżywcza białka orzeszków gryki

Aminokwas	Wzorzec FAO/ WHO (17)	Millword (45)	Odmiana		
			Hruszowska	Luba	Panda
Histydyna	19		25	25	26
Izoleucyna	28	30	36	36	36
Leucyna	66	44	66	65	66
Lizyna	58	31	61	58	59
Metionina +Cystyna	25	27	48	40	43
Fenylalanina+Tyrozyna	63	33	69	70	70
Treonina	34	26	36	35	35
Walina	35	23	47	48	48
CS				98	
TD				88	
CS _{TD}				86	
Aminokwas limitujący				Leucyna	

Źródło: Pisulewska i in., 2001 (51)

Tabela 2

Rozmieszczenie frakcji białkowych w mące gryczanej z całego ziarna i wyciągowej

Frakcje białkowe	Zawartość białka ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ mąki)		
	mąka z całych nasion	mąka – wyciąg 16%	mąka – wyciąg 40%
Zawartość ogółem	121,0	42,0	37,2
Albuminy	15,1	5,2	3,9
Globuliny	78,0	7,1	4,8
Prolaminy	3,5	1,3	1,1
Gluteliny	9,7	1,9	1,1
Białko nierozpuszczalne	14,7	26,5	26,3
Stosunek albumin/globulin	0,19	0,73	0,81

Źródło: Ikeda i in., 1991 (29)

Tabela 3

Waga wątroby oraz ilość tłuszczów u szczurów karmionych różną dietą

	Ekstrakt z mąki gryczanej	Ekstrakt sojowy	Kazeina
Cholesterol ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ wątroby)	23,8c*	38,1b	43,7a
Trójglicerydy ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ wątroby)	96,6a	85,5b	77,0b
Fosfolipidy ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ wątroby)	35,1a	32,9a	31,0a

* różne litery oznaczają istotność ($p < 0,05$)

Źródło: Kayashita i in., 1995 (36)

Tabela 4

Wpływ diety na tłuszcze osocza

	Kazeina	Ekstrakt sojowy	Ekstrakt z mąki gryczanej
Trójglicerydy ($\text{m mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	1,52a	1,03ab	0,75b
Wolne kwasy tłuszczowe ($\text{m mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,68a	0,48b	0,48b
Cholesterol całkowity ($\text{m mol} \cdot \text{L}^{-1}$) (a)	2,17a	1,69b	1,78b
HDL Cholesterol ($\text{m mol} \cdot \text{L}^{-1}$) (b)	1,23a	0,93b	1,30a
Stosunek (a)/(b)	0,57b	0,55b	0,73a
Fosfolipidy ($\text{m mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	2,37a	1,97b	1,99b

Źródło: Kayashita i in., 1995 (36)

Związki antyoksydacyjne są ważnym składnikiem żywności funkcjonalnej lub surowców do jej produkcji. Zapobiegają one powstawaniu nadmiaru wolnych rodników w organizmach przez reakcję z nimi („wymiatanie”) lub poprzez blokadę ich powstawania (5, 44, 52, 64). W przypadku gryki są to flawonoidy i flawony, kwasy fenolowe, taniny oraz sterole.

W owocach gryki występuje niewielka ilość steroli. Jak podaje Gąsiorowski (21) znajdują się one przede wszystkim w bielmie oraz w tkankach zarodka. Suma ich wynosi ok. $198 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, w tym β -sitosterolu jest najwięcej – $164 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, kampesterolu – $20 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ i stigmasterolu – $8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. W mące gryczanej znajduje się mniej steroli, bo ok. $51,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ s.m., podobnie jak w całych orzeszkach najwięcej jest β -sitosterol ($26 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ s.m.), a pozostałe to kampesterol ($8,8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ s.m.), stigmasterol ($2,2 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ s.m.), stanole ($14,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ s.m.) (63). Zaslugują one jednak na szczególną uwagę ze względu na pozytywny wpływ na poziom cholesterolu we krwi. Na skutek podobieństwa strukturalnego do cholesterolu β -sitosterol wywołuje w stosunku do niego silny efekt konkurencyjny prowadzący do obniżenia jego absorpcji w jelicie cienkim (35, 41). Ponadto związki te zapobiegają procesom oksydacyjnym zachodzącym w tłuszczach jadalnych, przedłużając ich trwałość (23), również ograniczają niekorzystne zmiany zachodzące w tłuszczach podczas smażenia (6).

Inna grupa związków o charakterze antyoksydacyjnym to flawonoidy. Przypisuje się im ważną funkcję prozdrowotną. Wynika ona głównie z ich właściwości przeciwutleniających i zdolności do modyfikowania enzymów odpowiedzialnych za działanie immunologiczne, kancerogenezę i transformacje komórkowe. Wiele flawonoidów hamuje peroksydację lipidów, poprawia czynność śródbłonna naczyniowego, hamuje agregację płytek krwi i napięcie mięśni otaczających tętnice w chorobach układu naczyniowego, a w zakresie zapobiegania nowotworom ogranicza uszkodzenia DNA, proliferację komórek i wzrost guzów. Flawonoidy gryki wpływają na elastyczność żył, redukują ciśnienie krwi i pobudzają organizm do wykorzystania witaminy C (1, 5, 28, 41, 49, 63).

Gryka zwyczajna zawiera 6 flawonoidów: rutynę, kwercetynę, orientynę, izo-orientynę, witeksynę i izowiteksynę. Ich zawartość w niektórych odmianach gryki jest większa niż w zbożach, warzywach, owocach, a nawet herbacie (8, 13, 34, 53). Rutyna jest flawonoidem występującym w największej ilości. Występuje zarówno w łusce, jak i nasionach gryki. W nasionach poza rutyną występuje u niektórych odmian izowiteksyna, przy czym stężenie jej jest wielokrotnie mniejsze (rys. 3). Łuska gryki zawiera poza rutyną kwercetynę, orientynę, izoorientynę, witeksynę i izowiteksynę (rys. 4) (11, 13, 39, 40). Orzeszki są jednak znikomym źródłem tych flawonoidów, a najwięcej ich zawierają liście gryki w okresie przed kwitnieniem (39, 40, 48).

Zawartość flawonoidów w orzeszkach zależy od odmiany, warunków siedliska i agrotechniki, natomiast w produktach zależy od sposobu wytwarzania kasz, jak i przyrządzania posiłków.

W Polsce do niedawna uprawiano odmiany: Emka, Hruszowska, Kora, Luba i Panda. Zostały one przebadane pod względem ilości flawonoidów. Jak podaje Dietrich-Szóstak (13), największą sumaryczną zawartością tych związków w orzeszkach gryki stwierdzono u odmiany Kora ($138,38 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), a najmniejszą u odmiany Emka ($78,18 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) (13). Koncentracja rutyny w odłuszczonych orzeszkach wynosi od $9,0$ do $19,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (rys. 3). Najzasobniejsze w nią są odmiany Emka i Panda, następnie Hruszowska i Luba. Poza rutyną jedynie odmiany Emka, Hruszowska i Kora zawierają izowiteksynę (rys. 3). Łuski gryki zawierają wszystkie 6 flawonoidów (rys. 4), przy czym podobnie jak w nasionach dominującym flawonoidem jest rutyna, a jej zawartość waha się od $48,8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Panda, Emka) do $80 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Luba) (11, 13).

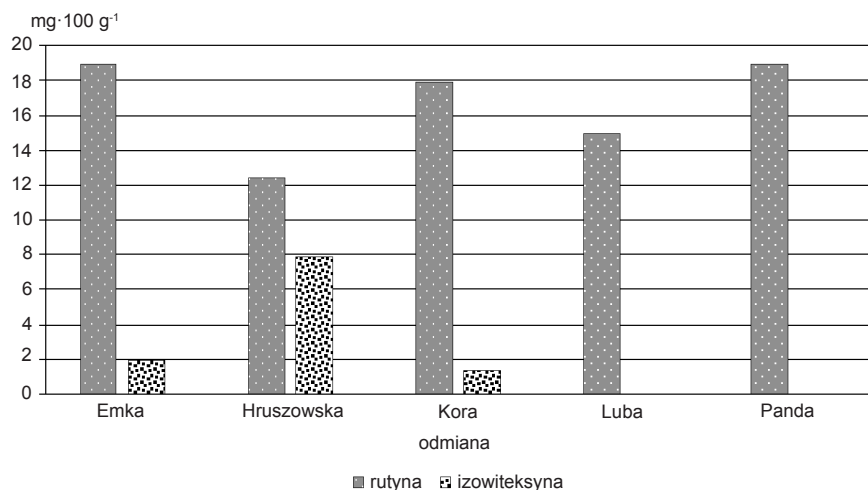
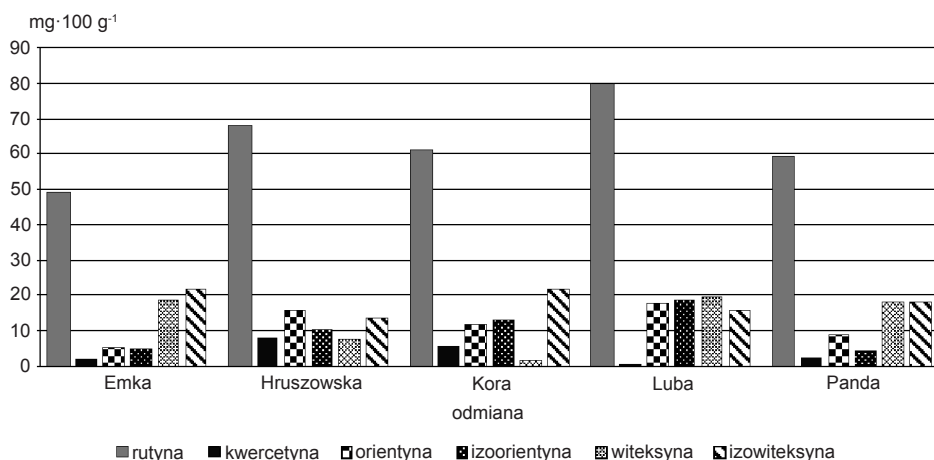
W przeciwieństwie do przedstawionych powyżej badań Kwiatkowski (42) wykazał, że polskie odmiany (Kora, Luba, Panda) uprawiane w tych samych warunkach siedliska i agrotechniki charakteryzują się mało zróżnicowaną ilością rutyny w orzeszkach i wynosi ona ok. $40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Autor ten udowodnił dużo większą zmienność poziomu tego związku w orzeszkach między poszczególnymi latami niż między odmianami, co wskazuje, że ilość rutyny jest determinowana warunkami pogodowymi (tab. 5). Tezę tę potwierdzają badania Brounori i in. (2) wykazujące interakcję odmiany i miejsca uprawy w ilości rutyny w odmianach gryki. Zmienność ilości rutyny w zależności od warunków pogody wyjaśniają badania Ohsawy i Tsutsumi (46) udawadniające, że jej ilość jest zależna od długości dnia, oraz badania Gaberescik i in. (19), Germ (22) oraz Krefta i in. (40, 41) wskazujące na korzystny wpływ promieniowania UV-B na ilość rutyny. Suzuki i in. (57) wykazali, że kumulacja tego flawonoidu w roślinach jest reakcją gryki na stres suszy i chłodu.

Tabela 5

Zawartość rutyny w orzeszkach gryki (mg 100·g⁻¹)

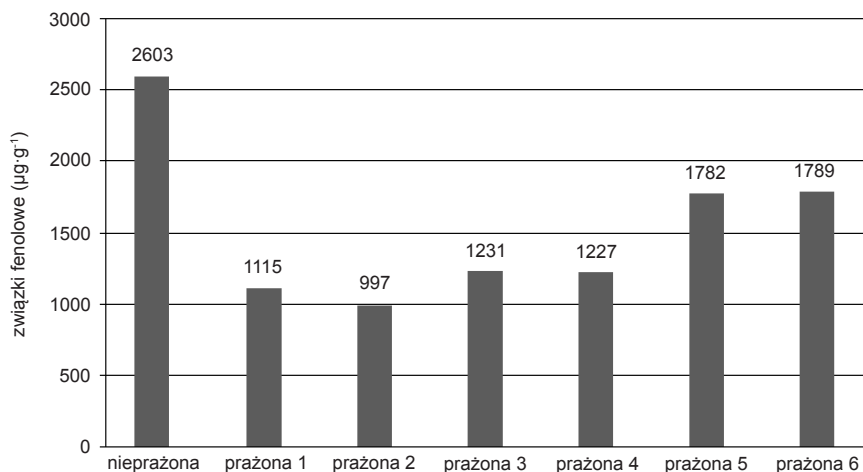
Rok	Odmiana		
	Kora	Luba	Panda
2004	39,5	39,0	40,3
2005	44,8	46,2	45,1
2006	35,6	34,1	35,5
Średnia	40,0	39,8	40,3

Źródło: Kwiatkowski, 2010 (42)

Rys. 3. Zawartość poszczególnych flawonoidów w odłuszczonych nasionach polskich odmian gryki
Źródło: Dietrych-Szóstak i Suchecki, 2003 (11)Rys. 4. Zawartość poszczególnych flawonoidów w okrywkach owocowych polskich odmian gryki
Źródło: Dietrych-Szóstak i Suchecki, 2003 (11)

Procesy technologiczne produkcji kasz

W Polsce, Rosji i na Ukrainie gryka jest wykorzystywana przede wszystkim do produkcji kasz. W zależności od stosowanych operacji w procesie produkcyjnym, uzyskuje się różne jej rodzaje, np. kasze całe i łamane. Zastosowanie zabiegu hydrotermicznego pozwala wyróżnić 2 typy kaszy gryczanej: prażoną i nieprażoną. Skład chemiczny kasz, a więc także ich wartość odżywcza, w dużym stopniu zależy od procesu jej produkcji. Majkowska i in. (44), porównując zawartość związków fenolowych ogółem w kaszy gryczanej nieprażonej i kaszach gryczanych prażonych stwierdzili duże zróżnicowanie w zawartości związków fenolowych wynoszące od 996 do 2603 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. Autorzy ci stwierdzili najwyższą koncentrację w kaszy gryczanej nieprażonej (rys. 5). Uważają oni, że różnica ta wynika prawdopodobnie ze stosowanego podczas produkcji kasz zabiegu prażenia, w wyniku którego orzeszki poddawane są działaniu wysokiej temperatury oraz ciśnienia. Klepacka (37) z kolei donosi, że największą zawartością polifenoli charakteryzują się nasiona gryki prażone w kotłach podciśnieniowych (2412,8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), a najmniejszą kasza uzyskana w wyniku prowadzenia obróbki w prażarkach bębnowych (836,9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).



Rys. 6. Zawartość związków fenolowych ogółem w kaszach gryczanych wyrażona jako ekwiwalent kwasu galusowego

Źródło: Majkowska i in., 2015 (44)

Badania nad koncentracją flawonoidów w kaszy gryczanej wykazały, że wszystkie rodzaje kasz, które są dostępne na rynku w Polsce zawierają dwa flawonoidy: rutynę i izowitekсынę, z tym że stężenie rutyny jest 20–40-krotnie wyższe niż izowiteksyny (12). Najwięcej rutyny i izowiteksyny jest w kaszy jasnej nieprażonej (12,8 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$), a najniższe w kaszy ciemnobrązowej prażonej uzyskanej

w technologii z zastosowaniem pary wodnej pod ciśnieniem ($5,13 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) (12). Dietrych-Szóstak i Oleszek (14) podają, że łączna zawartość flawonoidów zależy od parametrów obróbki kasz i kształtuje się na poziomie od $188,1 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ w kaszach jasnych do $46,3 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ w kaszach poddanych intensywnemu prażeniu oraz, że w miarę zwiększania temperatury i czasu obróbki hydrotermicznej zawartość związków fenolowych maleje. Dietrych-Szóstak i Oleszek (14) oraz Zielińska i in. (62) wykazali, że w zależności od wysokości temperatury stosowanej w czasie obróbki zawartość polifenoli może się zmieniać w różnym stopniu, a zmiany zależą od formy, w jakiej polifenole występują w produktach spożywczych oraz wynikającej z niej ich stabilności termicznej. Dziedzic i in. (15), badając wpływ zabiegów technologicznych stosowanych podczas produkcji kaszy gryczanej na zawartość wybranych związków przeciwutleniających w orzeszkach gryki przed prażeniem i po prażeniu w łusce, kaszy gryczanej łamanej i kaszy gryczanej całej udowodnili, że największą ich ilość zawiera gryka po prażeniu ($520,68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), najmniejszą zaś kasza cała ($151,69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Po procesie prażenia (130°C ; $5\text{--}5,5 \text{ bar}$; 60 min. oraz w temp. 200°C ; 10 min.) orzeszki gryki charakteryzują się większą zawartością związków przeciwutleniających rutyny, kwasu galusowego, kwercytiny i katechin, mniejszą natomiast kwasu p-kumarowego w porównaniu z gryką przed procesem prażenia (16, 53).

Badania Majkowskiej i in. (44) oraz Klepackiej i Gujskiej (38) udowodniły, że dostępne na rynku kasze gryczane są zróżnicowane pod względem zawartości kwasów fenolowych. Wykazały obecność w nich kwasu galusowego, wanilinowego, syringowego, p-kumarowego oraz ferulowego (tab. 6). Dominującym kwasem jest kwas galusowy, a jego zawartość waha się od $170 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ w kaszy nieprażonej do $1519 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ w kaszy prażonej 1. Ponadto wymienieni Autorzy stwierdzili, że zawartość pozostałych kwasów jest również zróżnicowana, i tak kwasu wanilinowego wynosi od $46,0 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ do $112 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, syringowego od $102 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ do $152 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Zbliżone wyniki zawartości kwasu wanilinowego i syringowego w kaszach gryczanych uzyskały Klepacka i Gujska (38).

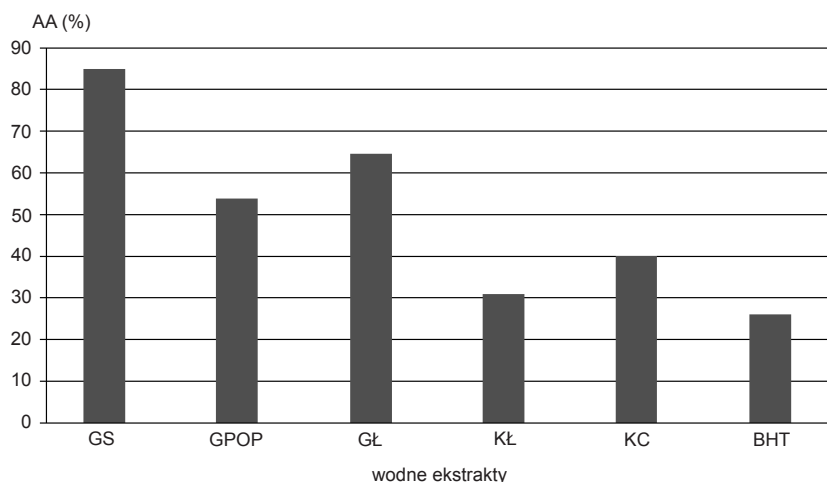
Tabela 6

Zawartość kwasów fenolowych w kaszach gryczanych wyrażona w $\mu\text{g g}^{-1}$

Rodzaj kaszy		Kwas				
		galusowy	wanilinowy	syringowy	p-kumarowy	ferulowy
Prażona	1	1520a	46,0f	137bc	11,93c	1,43a
	2	990b	76,1c	132c	16,05a	1,81a
	3	460cd	77,1c	132c	13,14b	2,46a
	4	129d	56,3e	102d	7,40f	3,13a
	5	666c	63,0d	102d	9,45e	3,39a
	6	497cd	92,0b	140b	10,00d	1,75a
Nieprażona		170e	112,0a	152a	9,66de	1,98a

Źródło: Majkowska i in., 2015 (44)

Właściwości przeciwutleniające związków chemicznych ocenia się na podstawie zdolności ekstraktów do wygaszania rodnika DPPH (1,1-difenylo-picrylhydrazyl); dla lepszego zobrazowania porównuje się wyniki badań z wzorcem BHT. Dziedzic i in. (15) wykazali, że wodne ekstrakty produktów powstałych podczas procesu technologicznego tworzenia kaszy gryczanej charakteryzowały się większą zdolnością wygaszania rodników DPPH w stosunku do BHT. Zdolność ta kształtowała się od 32 do 84%, odpowiednio w przypadku kaszy łamanej i ziarniaków przed prażeniem, podczas gdy dla 0,02% BHT wynosiła 25%. Przedstawione wyniki wskazują na dużą zdolność do wygaszania rodników DPPH przez substancje zawarte w próbach przed procesem prażenia i łusce gryki (rys. 6). Według wielu autorów zdolność ta zależy od zawartości flawonoidów, w tym głównie rutyny, katechin i kwercetyny (14, 39, 62).



Objaśnienia:

GS – ziarniaki gryki przed procesem prażenia

GPOP – ziarniaki gryki po procesie prażenia

GŁ – łuska

KŁ – kasza gryczana łamana

KC – kasza gryczana cała

Rys. 6. Zdolność wygaszania rodnika DPPH przez wodne ekstrakty: ziarniaków gryki, łuski, kaszy gryczanej łamanej i kaszy gryczanej całej

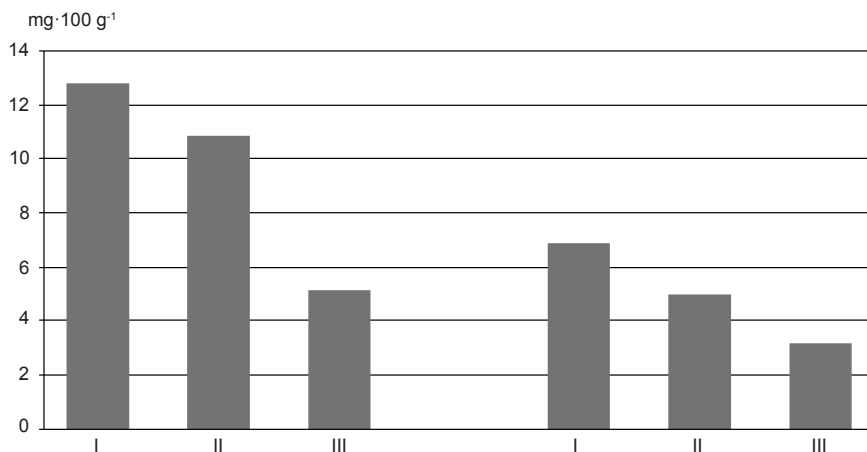
Źródło: Dziedzic i in., 2009 (15)

Obróbka cieplna wpływa również na właściwości skrobi, powodując jej częściową degradację, jak i zmniejszenie ilości skrobi odpornej na α -amylazę trzustkową (55).

Kasze są również zróżnicowane co do zawartości składników mineralnych. Ikeda i in. (31, 32) stwierdzili, że istnieje duże zróżnicowanie w ilości manganu w zależności od rodzaju kasz, mniejsze natomiast odnośnie potasu i magnezu. W badaniach tych autorów zawartość cynku w 100 g suchej masy wahała się od 1,29 do 2,61 mg, miedzi

0,31–0,63 mg, manganu 0,79–2,53 mg, wapnia 6,7–16,9 mg, magnezu 141–217 mg, potasu 322–518 mg, fosforu 265–510 mg.

Proces gotowania. Interesujące z punktu widzenia żywieniowego jest określenie ilości związków bioaktywnych w ugotowanej kaszy. Badania wielu naukowców (12, 32, 44, 49, 57) wykazały niekorzystny wpływ gotowania na zawartość związków o charakterze antyoksydacyjnym i mikroelementów. Stężenie rutyny we wszystkich kaszach po ugotowaniu w odniesieniu do kaszy surowej jest prawie dwukrotnie niższe. Najmniejszym spadkiem rutyny po ugotowaniu charakteryzuje się kasza ciemnobrązowa (rys. 7). Odmienne wyniki uzyskali Hęś i in. (27), badając aktywność przeciwutleniającą związków fenolowych ekstrahowanych z surowej i ugotowanej prażonej kaszy gryczanej. Udowodnili oni istotnie większą zawartość polifenoli w kaszy ugotowanej w porównaniu z surową. Najprawdopodobniej związane to było z częściowym uwalnianiem ich z połączeń z białkami podczas gotowania. Ponadto badacze Ci wykazali, że ekstrakt etanolowy kaszy gryczanej ugotowanej charakteryzował się wyższą zdolnością wygaszania rodników DPPH (84,3%) w odniesieniu do kaszy surowej (80,3%). Właściwości przeciwnadkrotkowe kaszy przed i po ugotowaniu były wyższe niż 0,02% BTH, którego aktywność wynosiła 25,4%.



I – kasza jasna „nieprażona” jasnobrażowa

II – kasza ciemna „długo prażona” brązowa

III – kasza ciemna „długo prażona” z parą wodną pod ciśnieniem ciemnobrązowa

Rys. 7. Zawartość rutyny w trzech rodzajach kasz gryczanych

Źródło: Dietrych-Szóstak, 2003 (12)

Podsumowanie

Orzeszki gryki są cennym źródłem substancji o znaczeniu odżywczym i funkcjonalnym. Ze względu na wysoką pojemność przeciwutleniającą oraz znaczący udział

flawonoidów produkty gryczane mogą stanowić wartościowy składnik uzupełniający w diecie ludzi wpływający korzystnie na ich zdrowie. Procesy technologiczne produkcji kaszy gryczanej wpływają na jej wartość odżywczą i zdrowotną.

Literatura

1. A b e y w a r d e n a M.Y., H e a d R.J.: Dietary polyunsaturated fatty acid and antioxidant modulation of vascular dysfunction in the spontaneously hypertensive rat. *Prostag. Leukotr. Ess. Fatty Acids*, 2001, **65**: 91-97.
2. B r u n o r i A., V e g v a r i G., K a d y r o v R.: Rutin content of the grain of seven buckwheat varieties from Belarus grown in central and southern Italy. *Advances in buckwheat research. Proceedings of the 10 th International symposium on Buckwheat 2007*, 414-416.
3. B i j l a n i R.L., S u d S., S a h i A., G a n d h i B.M., T a n d o n B.N.: Effect of sieved buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) flour supplementation on lipid profile and glucose tolerance. *J. Physiol. Pharmacol.*, 1999, **29**(2).
4. B o n a f a c c i a G., M a r o c c h i n i M., K r e f t I.: Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem.*, 2003, **80**: 9-15.
5. C h a o P.L., H s i u S., H o u Y.: Flavonoids in herbs: biological fates and potential interactions with xenobiotics. *J. Food Drug Anal.*, 2002, **10**: 219-228.
6. B o s k o u D., M o r t o n I.: Effect of plant sterols on the rate of deterioration of heated oils. *J. Sci. Food Agric.*, 1976, **27**: 928-932.
7. C h ł o p i c k a J.: Gryka jako żywność funkcjonalna. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, 2008, **3**: 249-252.
8. C h r i s t a K.: Aktywność przeciwutleniająca ziarniaków gryki. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2008, **10**: 30.
9. C z e r w i Ń s k a D.: Charakterystyka żywności bezglutenowej. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2009, **4**: 8-9.
10. D a n i h e l o v á M., Š t u r d i k E.: Nutritional and health benefits of buckwheat. *Potravin* 2012, **6**(3): 1-9.
11. D i e t r y c h - S z ó s t a k D., S u c h e c k i S.: Wybrane cechy jakościowe nasion polskich odmian gryki. *Pam. Puł.*, 2003, **133**: 35-42.
12. D i e t r y c h - S z ó s t a k D.: Wpływ gotowania tradycyjnego na zawartość wybranych związków fenolowych w kaszach gryczanych. *Pam. Puł.*, 2003, **133**: 29-34.
13. D i e t r y c h - S z ó s t a k D.: Zawartość wybranych związków polifenolowych w nasionach trzech odmian gryki. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 2001, **392**: 15-20.
14. D i e t r y c h - S z ó s t a k D., O l e s z e k W.: Obróbka technologiczna a zawartość antyoksydantów w przetworach gryczanych. *Przem. Spoż.*, 2001, **1**: 42-44.
15. D z i e d z i c K., D r o ż d z y Ń s k a A., G ó r e c k a D., C z a c z y k K.: Zawartość wybranych związków przeciwutleniających stawiających w gryce i produktach powstałych podczas jej przerobu. *Żywność Nauka-Technologia-Jakość*, 2009, **6**(67): 81-90.
16. D z i e d z i c K., G ó r e c k a D., K o b u s - C i s o w s k a J., J e s z k a M.: Możliwości wykorzystania gryki w produkcji żywności funkcjonalnej. *Nauk. Przyr. Technol.*, 2010, **4**(2): 1-7.
17. F A O / W H O: Protein Quality Evaluation. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation, Rome 1991, FAO Food and Nutrition Paper 51.
18. F o r n a l Ł.: Chemizm nasion gryki i kierunki spożywczego wykorzystania. *Biuletyn Naukowy*. 1999, **4**: 7-17.

19. Gaberscik A., Voncina M., Trost T., Germ M., Bjorn L.O.: Growth and production of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) treated with reduced, ambient and enhanced UV-B radiation. J. Photochem. Photobiol. B. Biol., 2002, **66**: 30-36.
20. Gąsiorowski H.: Gryka. Przegl. Zboż.-Młyn., 2008a, **8**: 14-17.
21. Gąsiorowski H.: Gryka. Przegl. Zboż.-Młyn., 2008b, **11**: 14-17.
22. Germ M.: Environmental factors stimulate synthesis of protective substances in buckwheat. Advances in buckwheat research. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat, Prague, August 18–22, 2004, 55-60.
23. Gordon M., Magos P.: The effect of sterols on the oxidation of edible oils. Food Chem., 1983, **10**: 141-147.
24. Górecka D.: Zabiegi technologiczne jako czynniki determinujące właściwości funkcjonalne włókna pokarmowego. Roczn. AR Poznań, Rozpr. Nauk., 2004, 344.
25. Górecka D.: Błonnik pokarmowy. Znaczenie żywieniowe i technologiczne. Przegl. Zboż.-Młyn., 2008, **11**: 23-26.
26. Grajek W. (red.): Przeciwtłuszniki w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne gryczanych. Przem. Spoż., 2007, **55(1)**: 42-43.
27. Hęś M., Korczak J., Górecka D., Szymandera-Buszek K.: Przeciwtłusznikowe właściwości ekstraktów z kaszy gryczanej. Fragm. Agron., 2006, **1**: 57-67.
28. Holasova M., Fiedlerova V., Smrcinova H., Orsak M., Lachman L., Vavreinova S.: Buckwheat – the source of antioxidant activity in functional foods. Food Res. Int., 2001, **35**: 207-211.
29. Hung P.V., Morita N.: Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities. Food Chem., 2008, **109**: 325-331.
30. Ikeda K., Sakaguchi T., Kusano T., Yasumoto K.: Endogenous factors effecting protein digestibility in buckwheat. Cereal Chem. 1991, **68(4)**: 424-427.
31. Ikeda S., Yamashita Y., Tomura K., Kreft I.: Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals. Fagopyrum, 2006, **23**: 61-6.
32. Ikeda S., Yamashita Y., Kusumoto K., Kreft I.: Nutritional characteristics of mineral in various buckwheat groats. Fagopyrum, 2005, **22**: 71-75.
33. Janicki A.: Żywność funkcjonalna-potrzeba żywieniowa czy promocja nowych wyrobów. Bezpieczna Żywność, 2001, **1**: 1-5.
34. Jiang P., Burczyński F., Campbell C., Pierce G., Australia J.A., Briggs C.J.: Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum* and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. Food Res. Int., 2007, **40**: 356-364.
35. Jong A., Plat J., Mensink R.P.: Metabolic effects of plant sterols and stanols. J. Nutr. Biochem., 2003, **14**: 362-369.
36. Kayashita J., Shimaoka I., Nakajoh M.: Production of buckwheat protein extract and its hypocholesterolemic effect. Curr. Adv. Buckwheat Res., 1995, 919-926.
37. Klepacka J.: Wpływ procesu prażenia i czasu przechowywania na zawartość związków fenolowych w kaszy gryczanej. Fragm. Agron. 2015, **1**: 58-65.
38. Klepacka J., Gujska E.: Analiza różnic w zawartości związków fenolowych wybranych przetworów uzyskanych z gryki. W: Jakość i bezpieczeństwo produktów w zrównoważonym rozwoju, J. Żuchowski (red.). Politechnika Radomska, 2008, 225-231.
39. Kreft I., Fabjan N., Yasumoto K.: Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. Food Chem., 2006, **98**: 508-512.

40. Kreft S., Strukel B., Gaberscik A., Kreft I.: Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. *J. Exp. Bot.*, 2002, **53**(375): 1801-1804.
41. Krkoskova B., Mrazova Z.: Prophylactic components of buckwheat. *Food Res. Int.*, 2005, **38**: 561-568.
42. Kwiatkowski J.: Agrotechniczne uwarunkowania produkcji gryki (*Fagopyrum esculentum* Moench) o wysokiej wartości technologicznej, odżywczej i reprodukcyjnej orzeszków. Rozprawy i Monografie UWM Olsztyn, 2010.
43. Li S., Zhang Q.H.: Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit. Rev. Food Sci.*, 2001, **41**: 451-464.
44. Majkowska A., Klepacka J., Rafałowski R.: Analiza zawartości związków fenolowych i białka w kaszach gryczanych dostępnych na rynku w województwie warmińsko-mazurskim. *Fragm. Agron.*, 2015, **32**(1): 82-91.
45. Millward D.J.: Meat or wheat for next millennium? *Proc. Nutr. Soc.*, 1999, **58**: 249-260.
46. Ohsawa R., Tsutsumi T.: Inter-varietal variations of rutin content in common buckwheat flour (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Euphytica*, 1995, **86**: 183-189.
47. Oomah D.B., Mazza G.: Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *J. Agr. Food Chem.*, 1996, **44**: 1746-1750.
48. Paulickova I., Vyzralova K., Holasova M., Fielderova V., Vavreinova S.: Buckwheat as a functional food. *Proceedings of the 9th international Symposium on Buckwheat, Prague 2014*, 587-592.
49. Park Ch., Kim Y., Choi Y., Heo K., Kim S., Lee K., Chang K., Lee H.: Rutin content in food products processed from groats, leaves and flowers of buckwheat. *Fagopyrum*, 2000, **17**: 63-66.
50. Peng L., Zou L., Hu Y., Zhao G.: Study on determination the content of the total flavonone in different variety of buckwheat. *Proceeding of the 11th international Symposium on Buckwheat, Orel 2010*, 550-552.
51. Pisulewska E., Szymczyk B., Zając T.: Ocena składu chemicznego i wartości odżywczej białka orzeszków polskich odmian gryki w świetle współczesnych kryteriów żywieniowych. *Zeszyty naukowe AR Kraków*, 2001, **392**: 95-101.
52. Robak J., Gruglewski R.: Bioactivity of flavonoids. *Pol. J. Pharmacol.*, 1996, **48**: 555-564.
53. Sensory Í., Rosen R.T., Ho Ch.T., Karwe M.V.: Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chem.*, 2006, **99**: 388-393.
54. Skerritt J.H.: Molecular comparison of alcohol soluble wheat and buckwheat proteins. *Cereal Chem.*, 1986, **63**(4): 365-369.
55. Stępińska K., Soral-Śmietana M., Zielinski H., Michalska A.: Wpływ obróbki termicznej na skład chemiczny i właściwości przeciwutleniające ziarniaków gryki. *Żywność- Nauka- Technologia-Jakość*, 2007, **5**(54): 66-76.
56. Stintzing F.C., Carle R.: Funkcjonal properties of anthocyanins and betalains in plant, food and in human nutrition. *Trends Food Sci. Tech.*, 2004, **15**: 19-38.
57. Suzuki T., Sakurada H., Meguro H., Suzuki H., Sakagami T., Ujihara A.: Soba no rutin ganryo ni tsuite. *New Food Industry*, 1995, **29**: 29-32.
58. Świdorski F.: Towaroznawstwo żywności przetworzonej. SGGW, Warszawa 2003.
59. Wrórkowska M., Soral-Śmietana M.: Buckwheat flour – a valuable component of gluten-free formulations. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, **58**: 59-63.
60. Wrześniewska-Wal I.: Żywność funkcjonalna – aspekty prawne. *Przem. Spoż.*, 2009, **1**: 30-33.

61. Zarzecka K., Gugała M., Mystkowska I.: Wartość odżywcza i prozdrowotna gryki siewnej. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2015, **96(2)**: 410-413.
62. Zielińska D., Szawara-Nowak D., Michalska A.: Antioxidant capacity of thermally-treated buckwheat. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2007, **57**: 465-470.
63. Zielinski H., Achremowicz B., Przygodzka M.: Przeciwtleniacze ziarniaków zbóż. *Żywność-Nauka-Technologia-Jakość*, 2012, **1(80)**: 5-26.
64. Trzcńska A., Klepacka J., Smoczyński S.S.: Analiza ogólnej zawartości związków fenolowych w przetworach gryczanych. *Towaroznawcze Probl. Jakości*, 2011, **4(29)**: 92-101.
65. <http://megamed.pl/files/%C5%BBBywno%C5%9B%C4%87%20jako%20lekarstwo.pdf>
66. <http://www.faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Grażyna Podolska
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 817
e-mail: aga@iung.pulawy.pl

Eliza Gawel¹, Mieczysław Grzelak²

¹*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

²*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu
Przyrodniczego*

WPLYW WYBRANYCH ELEMENTÓW TECHNOLOGII UPRAWY ROŚLIN BOBOWATYCH DROBNONASIENNYCH NA JAKOŚĆ PASZY*

Słowa kluczowe: bobowate drobnonasienne, jakość pokarmowa, jakość odżywcza, mieszanki bobowato-trawiaste, zakiszanie bobowatych drobnonasiennych

Wstęp

Źródłem pasz objętościowych dla zwierząt przeżuujących są głównie trwałe użytki zielone. Rośliny bobowate drobnonasienne i mieszanki bobowato-trawiaste uprawiane na gruntach ornych pokrywają zapotrzebowanie tych zwierząt na wartościowe pasze w warunkach niskiej wydajności bądź niewystarczającego areалу trwałych użytków zielonych, lub znacznego ich oddalenia od budynków inwentarskich (11). W warunkach naszego kraju z rodziny bobowatych drobnonasiennych uprawia się gatunki wieloletnie: lucernę siewną i mieszańcową, koniczynę łąkową, białą i białoróżową (synonim szwedzka), esparcetę siewną, rutwicę wschodnią, komonice błotną i zwyczajną. Dwuletni nostryk biały lub żółty mają mniejsze znaczenie w produkcji pasz. Z gatunków bobowatych jednorocznych do produkcji pasz wykorzystywane są koniczyny perska, krwistoczerwona (inkarnatka, może być też rośliną dwuletnią) i aleksandryjska oraz seradela. Ten ostatni gatunek jako jeden z nielicznych przydatny jest do uprawy na glebach piaszczystych, suchych i zakwaszonych, dlatego nazywany jest też „koniczyną gleb lekkich”. Na glebach słabszych uprawa seradeli przynosi wiele korzyści w płodozmianie i żywieniu zwierząt. Jej zielonka dodatkowo wpływa na mleczność krów, nie powodując wzdęć w żołądkach tych zwierząt, co jest pozytywną cechą niewielu roślin bobowatych, między innymi komonicy i esparcety (1, 49).

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Ponadto spasanie seradeli wydłuża sezon pastwiskowy w gospodarstwie i umożliwia dłuższe przebywanie bydła na pastwisku.

Powierzchnia uprawy bobowatych drobnonasiennych w latach 70. XX w. była zbliżona do 900 tys. ha i ulegała zmniejszeniu w kolejnych latach. W 2001 r. koniczyny, lucernę i esparcetę uprawiano na powierzchni 318 tys. ha, ale już trzy lata później areal bobowatych drobnonasiennych zmalał do 112 tys. ha. Aktualnie zajmują one powierzchnię 169 tys. ha (tab. 1) (35). Zainteresowanie uprawą tych roślin cennych z punktu widzenia paszowego i środowiskowego wzrasta systematycznie po przyznaniu w 2010 r. dopłat unijnych do ich uprawy.

Tabela 1

Powierzchnia uprawy roślin bobowatych drobnonasiennych i średnie plony zielonej masy i nasion

Wyszczególnienie	Powierzchnia uprawy w latach (ha)				Plon (t·ha ⁻¹)
	2008	2010	2011	2013	
uprawa na zielonkę					
Koniczyna łąkowa	44041	79278	75431	91632	25,50
Lucerna	29962	44500	34568	37697	3,02
Seradela i inne	17298	38368	36384	39691	1,70
Razem	91301	162146	146383	169020	-
uprawa na nasiona					
Koniczyna łąkowa	3025	3066	3178	3247	0,43
Lucerna	1289	754	923	909	0,46
Seradela i inne	1651	1913	2110	2240	0,64
Razem	5965	5733	6211	6396	-

Źródło: GUS, 2014 (35)

Od wielu lat obserwuje się największe zainteresowanie rolników koniczynami: łąkową i białą, których uprawia się 2–3 krotnie więcej niż lucerny siewnej i mieszańcowej. Z pozostałych gatunków bobowatych drobnonasiennych największe znaczenie gospodarcze i areal uprawy ma seradela.

Większość tych roślin charakteryzuje wielokośność w okresie wegetacji, co zapewnia ciągłość dopływu paszy dla zwierząt gospodarskich. Koniczyna krwistoczerwona oraz seradela są roślinami jednokośnymi. Jeden lub dwa zbiory w sezonie wegetacyjnym uzyskuje się w przypadku koniczyny białoróżowej i lucerny chmielowej. W związku z tym, aby zabezpieczyć odpowiednią ilość paszy świeżej i konserwowanej dla posiadanego inwentarza, należy dobrze zaplanować areal zasiewów oraz wybrać do uprawy odpowiedni gatunek lub mieszkankę różnych gatunków bobowatych drobnonasiennych, bądź bobowatych i traw. Z ekonomicznego punktu widzenia ważna jest też długotrwałość gatunków roślin wieloletnich bobowatych. Pod tym względem różnicowanie tej grupy roślin jest znaczne, a najdłużej można użytkować odpowiednio:

rutwicę wschodnią, lucernę mieszańcową, komonicę zwyczajną i esparcetę. Wśród dostępnych w handlu nasion koniczyny łąkowej znajduje się jednokośna odmiana Raba. Zasiewa się ją na odłogach i ugorach oraz na przyoranie; w produkcji paszy jest ona rzadziej wykorzystywana ze względu na zdecydowanie mniejszą wydajność (58).

W żywieniu zwierząt bobowate drobnonasienne wykorzystywane są jako dobrej jakości zielonka na bieżące skarmianie w formie pastwiska lub zielonki koszonej, dowożonej zwierzętom utrzymywanym w systemie alkiejrowym. Zielonka tych roślin jest również surowcem do produkcji siana. Jego znaczenie w żywieniu zwierząt aktualnie maleje z powodu pogarszania jakości paszy podczas suszenia w złych warunkach pogodowych; szczególnie niekorzystnie działają opady atmosferyczne i mgły. Drugim powodem zmniejszonego zainteresowania produkcją siana są straty związane z okruszaniem się liści – najwartościowszych frakcji roślinnych. Coraz chętniej producenci rolni sporządzają sianokiszonki i kiszonki z przewiedniętych roślin. W latach 70. XX w. rozwinęła się produkcja suszu z traw i bobowatych drobnonasiennych, jednak wysokie zużycie energii w cyklu produkcyjnym ograniczało zainteresowanie tym sposobem konserwacji zielonki. Rośliny przeznaczone do produkcji suszu zbierane są we wczesnych fazach rozwojowych, więc trwałość plantacji znacznie spada w tych warunkach, zmusza to niekiedy do jej wcześniejszej likwidacji. We Francji i w USA opracowano technologię pozyskiwania wysokiej jakości koncentratu białkowo-ksantofilowego w wyniku procesu dehydratacji lucerny. Koncentrat ten posiada szerokie zastosowanie jako dodatek do pasz zastępujący antybiotykowe stymulatory wzrostu i inne białka roślinne w żywieniu zwierząt monogastycznych i przeżuwaczy (29).

Skład chemiczny i jakość pokarmowa roślin bobowatych drobnonasiennych zależą od wielu czynników, wśród których należy wymienić: gatunek rośliny, ilość wysiewu, pokos, fazę rozwojową podczas zbioru, dobór komponentów trawiastych do mieszanek, sposób użytkowania i nawożenie, a nawet typ gleby pod plantacją. Według Brzóska i Śliwińskiego (12, 13) jakość pasz objętościowych należy rozpatrywać w aspekcie jakości pokarmowej, odżywczej i higienicznej. Jakość pokarmową tworzy skład chemiczny i zawartość składników pokarmowych, tj. sucha masa, białko ogólne, tłuszcz surowy, włókno surowe, frakcje włókna, cukry proste, skrobia oraz składniki mineralne. Podstawowymi parametrami oceny jakości odżywczej paszy są wartość wypełnieniowa pasz oraz składniki strawne: energia strawna, białko i aminokwasy trawione jelitowo i strawność paszy. Jakość higieniczna obejmuje jakość mikrobiologiczną, a więc związana jest z wystąpieniem lub brakiem w paszy chorobotwórczych bakterii z rodzaju *Salmonella*, *Listeria* oraz mikotoksyn i innych substancji niedozwolonych w paszach, np. dioksan.

Celem opracowania jest ocena wpływu wybranych elementów technologii uprawy roślin bobowatych drobnonasiennych na jakość pokarmową i odżywczą paszy.

Wpływ gatunku rośliny bobowatej drobnonasiennej na jakość pokarmową i odżywczą paszy

Jakość pasz z bobowatych drobnonasiennych jest gatunkowo zróżnicowana. Wynika to z budowy morfologicznej, a zwłaszcza ulistnienia i budowy łodyg tych roślin oraz fazy rozwojowej podczas zbioru. Do gatunków charakteryzujących się wysoką zawartością białka ogólnego należą lucerny: siewna i mieszańcowa, koniczyna biała, seradela, esparceta siewna, koniczyny łąkowa, perska i aleksandryjska. Na jakość pokarmową i odżywczą paszy wpływają właściwości genetyczne odmian, miejsce pochodzenia oraz odrosty roślin (8, 19, 20, 54, 58, 61).

U odmian lucerny pochodzących z różnych krajów zaobserwowano 2% różnice w zawartości białka, a w odrostach letnich i jesiennych zawartość tego składnika i saponin była wyższa, natomiast frakcji włókna mniejsza niż w odroście wiosennym (8). W doborze lucerny dostępne są do uprawy wielolistkowe odmiany zagraniczne dorównujące jakością paszy krajowym odmianom (40). Firmy nasienne podkreślają większą zawartość białka w odmianach wielolistkowych, które ich zdaniem są bardziej ulistnione niż odmiany trójlistkowe. Badania własne tego nie potwierdziły, uzyskano bowiem zbliżony udział liści w plonie i podobną jakość pokarmową oraz odżywczą paszy odmiany wielolistkowej i odmian tradycyjnych, trójlistkowych (34). Ponadto odmiany wielolistkowe szybciej się starzeją, a współczynnik rozkładu suchej masy był wolniejszy niż u odmian trójlistkowych (61).

U koniczyny łąkowej zawartość białka ogólnego i właściwego jest również zróżnicowana, a odmiany tetraploidalne zawierały go więcej niż diploidalne. W porównywanych grupach odmian podobna była zawartość włókna surowego i makroelementów (15, 16).

W polskim rejestrze odmian koniczyny białej wpisane są odmiany średniolistne i wielkolistne, natomiast brak jest drobnolistnych. Spośród nich wyższym ulistnieniem charakteryzują się odmiany wielkolistne, co może sugerować większą zasobność tych odmian w białko (1).

Z badań Bawolskiego i Gawęł (4) wynika, że koniczyna perska posiada wyższą jakość pokarmową i wartość przedplonową w porównaniu z koniczyną aleksandryjską (tab. 2). Zielonka koniczyny aleksandryjskiej w pierwszym pokosie zawiera więcej suchej masy, lecz jej produktywność i plon białka z ha są niższe niż w przypadku koniczyny perskiej. Co więcej ponad 60% plonu rocznego tego gatunku uzyskuje się w pierwszym pokosie, a zaledwie 9% w trzecim. Powoduje to nierównomierny w sezonie wegetacyjnym dopływ paszy w gospodarstwie.

Tabela 2

Porównanie wartości koniczyny perskiej i aleksandryjskiej

Element wartości pokarmowej	Koniczyna	
	perska	aleksandryjska
Plon siana ($t \cdot ha^{-1}$)	12,0	10,4
Zawartość suchej masy (%) w pierwszym pokosie	12,1	15,0
Plon białka ($t \cdot ha^{-1}$)	2,2	1,9
Udział plonu suchej masy poszczególnych pokosów w plonie rocznym (%):		
I	49,7	63,3
II	32,2	27,5
III	18,1	9,2
Udział liści w plonie suchej masy pokosów (%):		
I	59,6	42,4
II	82,2	51,4
III	82,6	53,8
Zawartość składników chemicznych w suchej masie nadziemnej (%):		
Białko	18,46	18,21
Włókno	16,43	19,69
Tłuszcz	2,66	2,82
Popiół	12,43	11,27
Zawartość składników chemicznych w suchej masie korzeni (%):		
N	2,55	2,13
P	0,56	0,46
K	1,88	1,99
Ca	0,71	0,57
Mg	0,26	0,23
Orientacyjna sucha masa resztek poźniwnych ($t \cdot ha^{-1}$)	7,50	5,11

Źródło: Bawolski i Gaweli, 1985 (4)

Zawartość białka w porównywanych koniczynach była podobna, jednak z uwagi na wyższy plon suchej masy w uprawie koniczyny perskiej uzyskano wyższy plon białka z jednostki powierzchni niż koniczyny aleksandryjskiej. Lepsza była też jakość pokarmowa koniczyny perskiej, wyższa zawartość makroelementów w suchej masie korzeni oraz mniejsza zasobność we włókno surowe. Na tę ostatnią cechę prawdopodobnie wpłynął wysoki wskaźnik ulistnienia tego gatunku (tab. 2). Podobne wnioski sformułował Ćwintal (14), porównując koniczynę perską z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową (tab. 3). W jego opinii wysoki udział białka ogólnego i właściwego w paszy z koniczyny perskiej oraz składników mineralnych bierze się z dużego udziału liści w plonie, który w zależności od fazy rozwojowej i pokosu wynosi 60–80% oraz z delikatnych i pustych wewnątrz łodyg (tab. 3). Jak wiadomo, dzięki tym cechom koniczynę perską charakteryzuje niska zawartość włókna surowego, dlatego może być

ona wprowadzana do diety trzody chlewnej i drobiu w formie zielonki koszonej lub pastwiska. Ten gatunek nie nadaje się do produkcji siana z uwagi na niską zawartość suchej masy. Puste i miękkie łodygi oprócz koniczyny perskiej posiadają też koniczyną łąkową i białoróżową (szwedzka), natomiast pędy koniczyny krwistoczerwonej (inkarnatki) są miękkie, lecz szybko drewnieją. Dlatego gatunek ten należy zbierać we wczesnych fazach rozwojowych. Wysoka temperatura powietrza i niedobór opadów z reguły zwiększają zasobność włókna w roślinach (58). Z podstawowych gatunków bobowatych większą zawartością białka charakteryzuje się lucerna mieszańcowa w porównaniu z koniczyną łąkową, natomiast zawartość włókna w tych gatunkach jest podobna (tab. 3).

Tabela 3

Cechy jakościowe koniczyny perskiej, koniczyny łąkowej (cv. tetraploidalnej) i lucerny mieszańcowej

Wyszczególnienie	Koniczyna perska (zbiór 4-kośny)	Koniczyna łąkowa (zbiór 3-kośny)	Lucerna mieszańcowa (zbiór 4-kośny)
Udział liści w plonie suchej masy (%)	62,2–77,9	48,7–62,7	41,6–63,1
Zawartość suchej masy (%)	13,4–13,7	12,7–20,1	18,4–23,1
Skład chemiczny (% s.m.):			
Białko ogólne	17,3–20,2	16,8–19,9	21,5–22,9
Białko właściwe	13,0–15,3	11,7–14,1	12,7–14,8
Włókno surowe	19,2–21,3	24,5–28,3	20,7–29,8
K	1,80–2,55	2,39–3,84	1,27–1,65
Ca	1,18–1,47	0,95–1,15	1,38–1,64
Mg	0,27–0,31	-	0,30–0,33
Zawartość mikroelementów (mg·kg ⁻¹ s.m.):			
Cu	7,97–9,25	11,2–14,7	11,7–15,5
Mn	71,0–106,8	49,6–66,1	45,0–144,9
Zn	57,9–76,8	46,1–73,3	50,2–63,1

Źródło: Ćwintal, 2009 (14)

Rośliny bobowate drobnonasienne zawierają duże ilości włókna (do ok. 35%), a większa jego ilość występuje w łodygach niż liściach. Wysoką zawartością tego składnika organicznego charakteryzuje się rutwica wschodnia, prawdopodobnie dlatego zwierzęta niechętnie ją zjadają, następnie odpowiednio: koniczyna białoróżowa i krwistoczerwona, nostrzyk biały, esparceta i lucerna siewna oraz mieszańcowa. Mniejsze ilości tego składnika charakteryzują koniczynę łąkową, białą i perską oraz komonicę zwyczajną. Włókno surowe jest źle trawione, pogarsza też strawność innych składników paszy, jednak dla prawidłowej przemiany w przedżołądkach i przewodzie pokarmowym była jest ono niezbędne (12).

Lucernę charakteryzuje lepsza jakość odżywcza niż koniczynę łąkową, gdyż zawiera więcej białka ogólnego, wyższa jest też zawartość białka trawionego jelitowo (BTJ) (tab. 4). Przy zbliżonej zawartości włókna surowego i wartości energetycznej (JPM) lucernę cechuje gorsza strawność suchej masy, ponieważ w tym gatunku większa jest koncentracja kwaśnej frakcji włókna detergentowego (ADF) i lignin (ADL) (tab. 4) (34, 55).

Tabela 4

Jakość pokarmowa i odżywcza koniczyny łąkowej i lucerny

Gatunek	Zawartość (g·kg ⁻¹ s.m.)							
	białko ogólne	włókno surowe	frakcje włókna			strawność	JPM	BTJ
			NDF	ADF	ADL			
Koniczyna łąkowa	171	258	476	316	51	720	0,79	37
Lucerna	206	266	563	425	91	580*	0.77	46

*strawność substancji organicznej

Źródło: Gawel i Żurek, 2003 (34); Ścibior i Gawel, 2004 (55)

Jakość pokarmowa i odżywcza mieszanek roślin bobowatych drobnonasiennych z trawami

Jakość pasz objętościowych pozyskanych w warunkach gruntów ornych zależy od różnych czynników, z których najważniejszymi są: skład gatunkowy i proporcje komponentów w mieszankach, intensywność użytkowania oraz związana z nią faza rozwojowa zbieranych roślin, sposób użytkowania, poziom nawożenia (w tym zwłaszcza azotem), pielęgnacja zasiewów oraz konserwacja paszy na okres zimowy.

W mieszankach z roślinami bobowatymi stosuje się wartościowe i mało konkurencyjne gatunki traw: życica trwała, kostrzewa łąkowa, tymotka łąkowa, kupkówka pospolita, festulolium, życica wielokwiatowa, stokłosa obiedkowata, rajgras wyniosły, kostrzewa czerwona. Z żywieniowego punktu widzenia wskazany jest 30% udział bobowatych w runi, ponieważ przy większym udziale mogą wystąpić duże straty wynikające z niewykorzystania białka paszowego w przewodzie pokarmowym zwierząt.

Na jakość paszy z mieszanek bobowato-trawiastych wpływa wzajemne oddziaływanie komponentów – ich udział w runi zależy od konkurencyjności gatunków traw, wśród których wyróżnia się bardziej inwazyjne gatunki, jak np. festulolium i mniej konkurencyjne, jak np. tymotka łąkowa. Z badań Borowieckiego (6, 7) wynika, że festulolium cechuje się większą konkurencyjnością względem lucerny i koniczyny łąkowej niż kostrzewy łąkowej. W tych badaniach wyższą zawartością białka ogólnego charakteryzowały się mieszanki z kostrzewą łąkową, natomiast lepszą strawnością suchej masy wyróżniały się mieszanki z festulolium o małym udziale roślin bobowatych w runi. Z kolei w mieszankach z koniczyną białą największą zawartość białka ogólnego uzyskano dla kostrzewy łąkowej, a najniższą zasobnością we włókno surowe wyróżniały się mieszanki z życicą trwałą (38). Odmienne wyniki uzyskał Kulik (46),

bowiem nie stwierdził on zmian składu chemicznego mieszanek z koniczyną białą ze względu na gatunek traw: wiechlina łąkowa, *Festulolium braunii*, *Festulolium loliaceum*, życica trwała, kostrzewa łąkowa. W uprawie mieszanek ważna jest też konkurencyjność odmian roślin bobowatych w stosunku do traw, od której zależy ich udział w runi mieszanki (36).

W praktyce oprócz mieszanek dwugatunkowych uprawiane są również mieszanki wielogatunkowe. Ścibior i Gawęł (55) nie stwierdziły zmian jakości pokarmowej paszy ze względu na skład gatunkowy dwu- i wielogatunkowych mieszanek. Natomiast Sowiński i in. (51) różną wartość pokarmową mieszanek wielogatunkowych uzyskali w zależności od wielkości udziału procentowego rośliny bobowatej w mieszance. Wykazali oni, że zwiększenie udziału koniczyny łąkowej z 30 do 70% poprawiło jakość pokarmową paszy (zawartość białka i składników mineralnych) oraz obniżyło zasobność mieszanki we włókno i związki bezazotowe wyciągowe. Zdaniem tych autorów najlepszy skład chemiczny i jakość pokarmową zapewniają mieszanki o zbliżonym do 50% udziale koniczyny i kilku gatunków traw w runi. O korzystnym wpływie zwiększonego udziału rośliny bobowatej w runi mieszanki na zawartość białka donoszą również Bojarszczuk i in. (5), Gawęł (23, 25), oraz Gawęł i Nędzy (31), Staniak (52).

Gatunek rośliny bobowatej wpływa na jakość paszy z mieszanek. Gawęł (24) udowodniła większą zasobność mieszanek lucerny z trawami w białko i fosfor niż mieszanek z koniczyną łąkową. Te ostatnie z kolei bogatsze są w wapń i magnez oraz bardziej strawne z powodu mniejszej zasobności frakcji NDF i ADF w porównaniu z lucerną (34, 55). W mieszankach z trawami czasem wysiewa się kilka roślin bobowatych, dobierając je tak, by wraz z gatunkami wywołującymi wzdęcia (lucerna, koniczyny) w mieszance znalazły się gatunki nie powodujące tego schorzenia (esparceta siewna, komonica zwyczajna) (18). Taniny występujące w esparcecie siewnej i komonicy zmniejszają napięcie powierzchniowe i ograniczają powstawanie wzdęć w układzie trawiennym przeżuwaczy. Mc Mahon i in. (49) wykazali, że w żywieniu tych zwierząt zielonka, granulaty z wysuszonej esparcety i siano z tego gatunku dodane w ilości 10–20% do innych roślin bobowatych skutecznie ograniczają wzdęcia.

Z intensywnością użytkowania roślin bobowatych i mieszanek bobowato-trawianych wiąże się ściśle faza rozwojowa roślin i jakość paszy. Wiadomo, że mieszanki i bobowate w siewie czystym zbierane w fazie wegetatywnej i początku pąkowania rośliny bobowatej charakteryzuje wyższa zawartość białka, a koncentracja włókna jest mniejsza niż w późniejszym okresie (17, 20, 26, 34, 48, 58, 61). Intensywne użytkowanie tych upraw dodatnio związane jest z zawartością azotu i białka, wysoką wartością energetyczną i białkową oraz wysokim współczynnikiem strawności paszy (20, 21, 22, 47). W zależności od fazy rozwojowej roślin większość bobowatych może być skarmiana przez różne grupy zwierząt. Drób i trzoda chlewna oraz młode przeżuwacze żywione są roślinami zbieranymi we wczesnych fazach rozwojowych o niewielkiej ilości włókna. Podobne cechy powinna posiadać zielonka przeznaczo-

na do produkcji suszu. Rośliny w bardziej zaawansowanych fazach rozwojowych wykorzystuje się w żywieniu starszych przeżuwaczy w formie pastwiska, siana lub kiszzonek. Bobowate i mieszanki bobowato-trawiaste można kosić w różnych fazach rozwojowych charakteryzujących się właściwą dla niej wartością pokarmową, ważny jest też termin zbioru pierwszego pokosu. Wykonany we wczesnej fazie rozwojowej zapewnia dobrą jakość paszy w całym sezonie wegetacyjnym, gdyż przyspieszenie terminu zbioru pierwszego pokosu umożliwia zbiór pozostałych odrostów we wcześniejszych fazach rozwojowych. Badania wykazały, że intensywne użytkowanie mieszanek lucerny z trawami (zbiór 4-6 pokosów) oraz zbiór pierwszego odrostu mieszanek koniczyny łąkowej w fazie formowania pędów do początku pąkowania, a trawy w fazie wegetatywnej do fazy kłoszenia charakteryzuje najlepsza jakość paszy (20, 21, 22, 53, 54, 56). W późniejszych fazach rozwojowych spada wartość białkowa i strawność paszy (47), a wartość energetyczna nieznacznie wzrasta (34, 56). Z reguły czynniki agrotechniczne mają niewielki wpływ na wartość energetyczną paszy (3, 25, 33, 55). Najczęściej zróżnicowanie wartości pokarmowej następuje ze względu na skład gatunkowy, w tym także dobór rośliny bobowatej do mieszanek (19, 25) oraz jej proporcję w runi, która wzrastając, zwiększa wartości energetyczną paszy (37, 39). W warunkach pastwiska wartość energetyczna i zawartość potasu były większe, a zawartość frakcji włókna ADF podobna do uzyskanej w runi użytkowanej kośnie lub zmiennie kośno-pastwiskowo (30, 46, 59, 60). Spasanie runi w systemie długotrwałym, jak wykazały badania własne, sprzyjało lepszej strawności i wartości białkowej w konfrontacji z wypasem krótkotrwałym (19). Jednak nie zawsze następuje wzbogacenie w makroskładniki runi spasanej bydłem (31).

Typ gleby, na której uprawiane są rośliny również oddziałuje na jakość uzyskanej paszy. H a r a s i m (38) większą zawartość białka w runi koniczyny białej z trawami wykazała na glebie brunatnej, a wapnia na rędzinie. Więcej białka ogólnego, fosforu, wapnia i magnezu oraz istotnie mniej potasu stwierdzono w runi uprawianej na glebie organicznej w porównaniu z mineralną (46). W mieszkankach koniczyny białej z trawami uprawianych w różnych warunkach glebowych najniższą zasobność białka stwierdzono na glebie płowej, a fosforu na rędzinie (39). Ponadto runi pozyskaną w siedlisku łąkowym charakteryzowała największa zawartość wapnia, magnezu i sodu, a wysoka koncentracja białka i potasu wyróżniała mieszkankę uprawianą na gruntach ornych. W siedlisku użytku przemennego i pola uprawnego zawartość organicznych i mineralnych składników pokarmowych mieszanki była podobna (39).

Nawożenie nawozami naturalnymi wpływa na proporcje grup roślin w runi (trawy, bobowate, chwasty) i zazwyczaj zwiększa udział roślin bobowatych. W warunkach górskich stwierdzono poprawę jakości runi nawożonej obornikiem; wzrastała zwłaszcza zawartość najbardziej deficytowych składników pokarmowych: fosforu i sodu, natomiast ograniczona była akumulacja potasu. Nastąpiło też zawężenie stosunków Ca:P, K:N, K:(Ca+ Mg) (42). Wysokie dawki nawozów nie zawsze zwiększają zawartość białka w runi. Często obserwuje się wykorzystanie azotu wniesionego do gleby

w ilości 100–120 kg N·ha⁻¹ do przyrostu masy bez zwiększania zawartości białka w roślinach (43). W literaturze spotyka się również opinie o ograniczeniu rozwoju roślin bobowatych przez azot z nawozów naturalnych i mineralnych. Wykazano, że wysoki poziom nawożenia naturalnego działa podobnie jak azot mineralny i ogranicza udział tych roślin w runi (44) oraz zmniejsza intensywność wiązania azotu atmosferycznego przez bakterie żyjące w symbiozie z roślinami bobowatymi. Badania własne wykazały, że zastosowanie 30 t·ha⁻¹ przekompostowanego obornika nie poprawiło jakości pokarmowej paszy w stosunku do stwierdzonej przy nawożeniu w ilości 10 t·ha⁻¹ (25). W innym opracowaniu zalecono stosowanie 60 kg N·ha⁻¹ wyłącznie w warunkach posuchy letniej, a w optymalnych warunkach wilgotnościowych autorzy badań zalecili uprawę mieszanek bobowato-trawiastych bez nawożenia tym składnikiem (55). Ponadto nawożenie obornikiem pogarsza jakość paszy poprzez spadek zawartość cukrów w runi (zwłaszcza w trawach). Ten negatywny wpływ szczególnie ujawnia się w pierwszym odroście (43). Pogorszenie jakości pokarmowej mieszanek (wysoka zawartość NDF i niskie pobranie paszy) po zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹ opisali też Sosnowski i Jankowski (50) (tab. 5).

Tabela 5

Średnia roczna zawartość w suchej masie frakcji włókna NDF i ADF oraz pobranie i strawność suchej masy mieszanek *Festulolium braunii* w zależności od dawki azotu (lata 2009–2010)

Dawka azotu (kg·ha ⁻¹)	Włókno neutralne detergentowe (NDF) (%)		Włókno kwaśne detergentowe (ADF) (%)		Pobranie s.m. (%) DMI (% ciała)		Strawność suchej masy (%) DDM		Względna wartość pokarmowa (RFV)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
N0 (kontrola)	49,11	48,19	30,19	31,34	2,44	2,50	64,60	64,49	122,5	124,8
N1 – 60	47,54	47,31	31,40	31,01	2,53	2,54	64,45	64,74	126,5	127,3
N2 – 120	52,77	50,69	32,78	32,56	2,28	2,38	63,37	63,54	111,9	117,1
NIR	3,04		r.n.		0,19		r.n.		-	

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Sosnowski i Jankowski, 2013 (50)

Przeciętnie pobieranie runi na pastwisku trwa ok. 8 godz. · dzień⁻¹, pozostały czas zwierzęta spędzają na odpoczynku i przeżuwanu pobranej paszy. Część runi pastwiska ulega zniszczeniu pod ciężarem zwierząt i z powodu pozostawionych w runi odchodów płynnych i stałych. Zapach własnych odchodów i pogarszający się smak roślin wokół nich odstrasza zwierzęta od wyjadania runi, co powoduje pozostawienie pewnej ilości niedojadów na pastwisku. Jednym z zabiegów pielęgnacyjnych realizowanych w runi pastwiska jest koszenie niedojadów. Wykonuje się go na wysokość ok. 7–10 cm od ziemi, by zabezpieczyć szyjki korzeniowe roślin bobowatych przed uszkodzeniem. W każdym sezonie pastwiskowym konieczne jest co najmniej jednorazowe koszenie i usuwanie niedojadów z runi pastwiska. Wykonuje się go w celu ograniczenia

rozwoju chwastów, usunięcia starej ścierni i niedojedzonych roślin oraz stworzenia wszystkim roślinom jednakowych warunków do odrastania (33, 57). Termin i częstość tego zabiegu pielęgnacyjnego ważne są ze względów ekonomicznych i jakości paszy. W warunkach koszenia niedojadów po każdym wypasie stwierdzono poprawę jakości pokarmowej, zwiększenie zawartości składników mineralnych, wartości energetycznej, białkowej i strawności paszy oraz obniżenie zawartości włókna surowego, wartości wypełnieniowej i wydajności, a koszty produkcji paszy wzrastały (32, 33, 57). Pozostawienie niekoszonych niedojadów w runi obniżało jakość pokarmową paszy.

Zakiszanie roślin bobowatych

W wielu gospodarstwach podstawą żywienia letniego nadal jest pastwisko, a w okresie zimy siano. W tym modelu żywienia mała jest wydajność mleczna. W gospodarstwach o większej produkcji mleka na okres żywienia zimowego wytwarza się sianokiszonki lub kiszonki z mieszanek bobowatych z trawami, które pozwalają racjonalnie wykorzystać paszę i składniki pokarmowe. Według Brzóski (11) zielonka pastwiskowa powinna charakteryzować się zawartością w 1 kg s.m.: suchej masy – 150–240 g, białka ogólnego – 160–180 g, włókna surowego – 160–200 g, energii – 0,84–0,91 JPM. Natomiast zielonka (surowiec do produkcji kiszonki) powinna zawierać w 1 kg s.m.: suchej masy – 300–400 g, białka ogólnego – 140–160 g, włókna surowego – 240–280 g, energii – 0,84–0,91 JPM.

Wartość żywieniowa kiszzonek i jakość mleka zależą od gatunku rośliny bobowatej i intensywności użytkowania (tab. 6). Z badań Broderick i in. (10) oraz Brito i in. (9) wynika, że lepsze i efektywniejsze wchłanianie białka i energii jest z kiszzonek koniczyny łąkowej niż z lucerny. Lepszą jakość kiszonki z koniczyny czerwonej w porównaniu z innymi bobowatymi potwierdzają również Höjer i in. (41). Według nich rośliny bobowate wzbogacają kiszzonek w witaminy, kwasy tłuszczowe i karoten, a do mleka krów żywionych tymi kiszzonekami wprowadzany jest α -kwas linolowy. Lepszej jakości kiszzonekę pozyskuje się z mieszanek bobowato-trawiastych zakiszanych z dodatkiem preparatów ułatwiających zakiszanie niż bez konserwantów (45). Preparaty te poprawiają jakość, ograniczając powstawanie amin biogennych w kiszonce (2).

Tabela 6

Wartość pokarmowa kiszonki wilgotnej z koniczyny łąkowej i lucerny z trawami w żywieniu zwierząt

Składniki pokarmowe	Koniczyna łąkowa z trawami	Lucerna z trawami
Sucha masa (g)	160–180	180
zawartość w 1 kg s.m. (g)		
Białko ogólne	170	170
Włókno surowe	260	310
Kwaśne włókno detergentowe (ADF)	325	370

Składniki pokarmowe	Koniczyna łąkowa z trawami	Lucerna z trawami
wartość pokarmowa 1 kg s.m.		
Wartość energetyczna (JPM)	0,87	0,72
Wartość białkowa białka trawionego w jelicie cienkim obliczonego na podstawie podaży N	101	115
Wartość białkowa białka trawionego w jelicie cienkim obliczonego na podstawie podaży energii	80	85

Źródło: Gawęł i Brzóska, 2008 (27); Gawęł i Brzóska, 2009 (28)

Podsumowanie

Duże znaczenie roślin bobowatych drobnonasiennych w zasiewach czystych i mieszkankach z trawami w produkcji pasz objętościowych wynika z wysokiej jakości pokarmowej i odżywczej paszy oraz dużych plonów. Rośliny te charakteryzuje bogaty skład chemiczny, wysoka zawartość składników mineralnych i organicznych oraz aminokwasów egzogennych niezbędnych w żywieniu zwierząt jednożołądkowych. Udział roślin bobowatych w paszy podnosi jej smakowitość.

Elementy technologii uprawy bobowatych drobnonasiennych wpływają na parametry jakości pokarmowej, odżywczej oraz higienicznej paszy. Spośród nich szczególnie ważne są: dobór gatunków i odmian do uprawy, proporcje komponentów w mieszkankach, intensywność użytkowania, faza rozwojowa zbieranych roślin, sposób użytkowania runi, poziom i rodzaj nawożenia, zabiegi pielęgnacyjne stosowane w runi a także konserwacja zielonki na sezon zimowy oraz forma skarmianej paszy. W żywieniu letnim wysokiej jakości paszę dla przeżuwaczy zapewnia ruń pastwiskowa. Produkcja siana na okres zimowy, zwłaszcza z roślin bobowatych uprawianych w siewach czystych często prowadzi do znacznych strat składników pokarmowych, sprzyja temu deszczowa aura i niekorzystne jesienne warunki pogodowe z małą ilością dni słonecznych. Dlatego wskazana jest uprawa bobowatych w mieszkankach z trawami których ruń latem wykorzystuje się pastwiskowo i do produkcji sianokiszonek i kiszonek, a jesienią wyłącznie do zakiszania. Ten ostatni rodzaj paszy nie powinien różnić się jakością od surowców użytych do ich przygotowania. Dla zapewnienia wysokiej jakości paszy w technologii konserwacji należy uwzględnić preparaty ułatwiające zakiszanie. Najkorzystniejszą metodą przygotowania i zadawania paszy zapewniającą wysoki współczynnik wyjadania są wozy paszowe stosowane w dużych oborach. Zapewniają one zwierzętom dobre rozdrobnienie i wymieszanie wszystkich składników dawki pokarmowej.

Najlepszej jakości paszę bogatą w składniki organiczne i mineralne, wyróżniającą się wysoką jakością pokarmową i odżywczą dostarczają mieszanki bobowato-trawiste przy 30–50% udziale roślin bobowatych w runi. Większy udział tej grupy roślin

poprawia jakość pokarmową, zwłaszcza białkową, ale pewna ilość tego białka pozostaje niewykorzystana przez zwierzęta ze względu na niedobór energii w paszy i jest odprowadzana w odchodach do środowiska glebowego. Intensywne wykorzystanie runi wzbogaca jej jakość pokarmową i odżywczą.

Literatura

1. Andrzejewska J., Albrecht K.A.: Rośliny motylkowate drobnonasienne na pastwiskach. Wyd. Uczelniane UT-P w Bydgoszczy, 2009, ss.127.
2. Antoszkiewicz Z., Purwin C.: Aminy biogenne w kiszonkach z lucerny. Monografia, E.R. Grela (red). SRRiL „Progress”, Lublin-Sandomierz 2010: 6: 77-86.
3. Bahrynowski D., Barszczewski J., Bieniaszewski T., Borkowska M., Buchwald W., Byczyńska M., Ciesielska A., Dobrowolska A., Feledyn-Szewczyk B., Futa B., Gawęł E., Golińska M., Grabowski M., Gryszczyńska A., Grzelak M., Grzyb Z.S., Hallmann E., Heller K., Jończyk K., Kruszyński M., Kucharski W.A., Kucińska K., Kuś J., Mendra M., Mordalski R., Nowacki W., Piotrowski W., Podleśna A., Podleśny J., Rymarczyk J., Ryniec I., Sas Paszt L., Semkiw P., Skubida P., Szulc M., Wielgus K., Wysmulek A.: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań 2014, 7: 176.
4. Bawolski S., Gawęł E.: Wstępne porównanie wartości koniczyny perskiej i aleksandryjskiej różnego pochodzenia. Biuletyn Branżowy Hodowli Roślin i Nasiennictwa, 1985, 1: 52-55.
5. Bojarszczuk J., Staniak M., Harasim J.: Produkcyjność mieszanek pastwiskowych z udziałem roślin motylkowatych w ekologicznym systemie gospodarowania. J. Res. Applic. Agric. Enging., 2011, 56(3): 27-35.
6. Borowiecki J.: Przydatność festulolium do uprawy w mieszankach z lucerną. Pam. Puł., 1997, 109: 35-44.
7. Borowiecki J.: Przydatność festulolium do uprawy w mieszankach z koniczyną łąkową. Pam., Puł., 1997, 111: 21-33.
8. Borowiecki J., Gawęł E., Guy P., Filipiak K.: Wzrost i plonowanie oraz jakość masy roślinnej krajowych i zagranicznych odmian lucerny. Cz. II. Skład chemiczny roślin. Pam., Puł., 1999, 37-48.
9. Brito A.F., Broderick G.A., Olmos Colmenero J.J., Reynal S.: Effects of feeding formate-treated alfalfa silage or red clover silage on omasal nutrients flow and microbial protein synthesis in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 2007, 90: 1392-1404.
10. Broderick G.A., Brito A.F., Olmos Colmenero J.J.: Effect of feeding formate-treated alfalfa silage or red clover silage on the production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 2007, 90: 1378-1391.
11. Brzóska F.: Systemy produkcji pasz dla bydła mlecznego, zbiór, konserwacja i żywienie krów. Wieś Jutra, 2003, 4: 47-53.
12. Brzóska F., Śliwiński B.: Jakość pasz objętościowych w żywieniu przeżuwaczy i metody jej oceny. Cz. I. Charakterystyka pasz objętościowych i mierniki jej jakości. Wiad., Zoot., R. XLIX, 2011, 2: 11-23.

13. Brzóska F., Śliwiński B.: Jakość pasz objętościowych w żywieniu przeżuwaczy i metody jej oceny. Cz. II. Metody analizy i oceny wartości pokarmowej pasz objętościowych. Wiad., Zoot., R. XLIX, 2011, **4**: 57-68.
14. Ćwintal M.: Uprawa koniczyny perskiej. Nasza Rola, 2009, **23**: 14-15.
15. Ćwintal M., Kościelecka D.: Wpływ sposobu i ilości wysiewu nasion na strukturę zagęszczenia, plonowanie oraz jakość di – i tetraploidalnej koniczyny czerwonej w roku siewu. Cz. II. Plonowanie oraz jakość. Biul. IHAR, 2005, **237/238**: 249-258.
16. Ćwintal M., Wilczek M.: Jakość di- i tetraploidalnej koniczyny czerwonej na tle zróżnicowanego nawożenia mineralnego. Ann. UMCS, Sec. E, 2004, **2**: 613-620.
17. Gawęł E.: Porównanie intensywnej i oszczędnej technologii uprawy lucerny w siewie czystym i w mieszance z rajgrasem wyniosłym. Roczn. AR Poznań, Cz. II, 1998, **307(52)**: 33-40.
18. Gawęł E.: Plonowanie i wartość pokarmowa mieszanek lucerny z kupkówką pospolitą i esparcetą w warunkach różnych systemów wypasania. Pam. Puł., 2005, **140**: 311-329.
19. Gawęł E.: Wpływ wypasu krótko- i długotrwałego na plonowanie i wykorzystanie pastwiska z mieszanek lucerny odmiany Maxi Graze z kupkówką pospolitą i esparcetą. Fragm. Agron., 2006, **3**: 209-221.
20. Gawęł E.: Wpływ sposobów i różnej częstotliwości użytkowania mieszanek lucerny mieszańcowej (*Medicago sativa* L. x *varia* T. Martyn) z trawami na plon, jego skład botaniczny i jakość. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2008, **8(24)**: 5-18.
21. Gawęł E.: Struktura i wielkość plonu, zasobność w składniki pokarmowe oraz wartość pokarmowa mieszanki motylkowato-trawiastej w warunkach różnej częstotliwości wypasania. Fragm., Agron., 2009, **2**: 43-54.
22. Gawęł E.: Skład chemiczny mieszanek wielogatunkowych z lucerną w zależności od częstotliwości koszenia. Fragm., Agron., 2009, **4**: 28-37.
23. Gawęł E.: Plon białka w ekologicznej uprawie mieszanek motylkowato-trawiastych. J. Res. Applic. Agric. Enging., 2010, **55(3)**: 80-85.
24. Gawęł E.: Porównanie jakości paszy z mieszanek motylkowato-trawiastych w gospodarstwie ekologicznym. W: Rolnictwo XXI wieku – nowe aspekty gospodarowania, K. Węglarzy (red.). Kraków 2010, 166-173.
25. Gawęł E.: Wartość żywieniowa mieszanek bobowato-trawiastych uprawianych w systemie ekologicznym. J. Res. Applic. Agric. Enging., 2012, **57(3)**: 91-97.
26. Gawęł E.: Wybrane zagadnienia technologii uprawy roślin bobowatych drobnonasiennych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2014, **41(15)**: 39-56.
27. Gawęł E., Brzóska F.: Uprawa koniczyny czerwonej z trawami. Inst. upow., IUNG-PIB, 2008, **148**: 1-38.
28. Gawęł E., Brzóska F.: Uprawa mieszanek lucerny z trawami. Inst. upow., IUNG-PIB, 2009, **154**: 1-43.
29. Gawęł E., Grzelak M.: Protein from lucerne in animals supplement diet. J. Food, Agric. Environ., 2014, **12(2)**: 314-319.
30. Gawęł E., Madej A.: Plon i ekonomiczna ocena pozyskiwania pasz z runi mieszanek roślin motylkowatych z trawami w zależności od sposobu, częstotliwości użytkowania i składu gatunkowego. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2008, **7(3)**: 53-63.
31. Gawęł E., Nędzi M.: Zawartość składników mineralnych w runi motylkowato-trawiastej uprawianej ekologicznie w zależności od składu gatunkowego i sposobu użytkowania. Fragm. Agron., 2014, **4**: 15-27.

32. Gaw e ł E., N ę d z i M.: Wpływ koszenia niedojadów na skład botaniczny i zawartość składników mineralnych w runi motylkowato-trawiastej w warunkach ekologicznych. *Fragm. Agron.*, 2015, **1**: w druku.
33. Gaw e ł E., N ę d z i M.: Effect of frequency at which herbage left ungrazed by cows is cut on the feed value of the legume-grass sward under organic management. *J. Res. Applic. Agric. Enging.*, 2014, **59(3)**: 50-55.
34. Gaw e ł E., Ż u r e k J.: Wartość pokarmowa wybranych odmian lucerny. *Biul. IHAR*, 2003, **225**: 167-174.
35. Główny Urząd Statystyczny: Obszary tematyczne. Produkcja upraw rolnych i ogrodnich. Dział II. Produkcja upraw pastewnych. Warszawa 2014.
36. G o l i ń s k i P., S p y c h a l s k i W., G o l i ń s k a B., K r o e h n k e D.: Wpływ odmiany hodowlanej *Trifolium repens* L. na skład mineralny runi mieszanki trawiasto-motylkowatej. *Łąk. Pol./Grass. Sci. Pol.*, 2007, **10**: 49-58.
37. H a r a s i m J.: Wpływ zmiany sposobu użytkowania runi na plonowanie mieszanek pastwiskowych na gruntach ornych. *Pam. Puł.*, 2004, **137**: 47-59.
38. H a r a s i m J.: Plonowanie i wartość pokarmowa mieszanek koniczyny białej z trawami na różnych glebach bez nawożenia azotem. *Fragm., Agron.*, 2006, **3**: 233-244.
39. H a r a s i m J. H a r a s i m A.: Produkcyjność mieszanek pastwiskowych z udziałem koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) w różnych warunkach siedliskowych. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2010, **26**: 1-66.
40. H a r a s i m o w i c z - H e r m a n G., A n d r z e j e w s k a J., N o w a k W., S o w i ń s k i J., W a n i o r e k W.: Ocena przydatności amerykańskiej odmiany lucerny do uprawy w warunkach agroklimatycznych Polski. *Biul. Oc. Odm.*, 1997, **29**: 115-119.
41. H ö j e r A., M a r t i n s s o n K., J e n s e n S.K., G u s t a v s s o n A.M.: Effect botanical composition and harvest system of legume/grass silage on fatty acid, α -tocopherol and β -caroten concentration in organic forage and milk. *NJF Report*, 2010, **6(3)**: 133-136.
42. K a c o r z y k P.: Implikacje stosowania owczego obornika na łące górskiej w sferze składu mineralnego jej runi. *Łąk. Pol./Grass. Sci. Pol.*, 2007, **10**: 79-87.
43. K a c o r z y k P., S z e w c z y k W.: Wpływ nawożenia na zawartość składników organicznych oraz makroelementów w wybranych grupach roślin łąkowych. *Łąk. Pol./Grass. Sci. Pol.*, 2008, **11**: 77-85.
44. K a s p e r c z y k M., R a d k o w s k i A., K a c o r z y k P.: Ocena siły nawozowej obornika bydlęcego. *Pam. Puł.*, 2001, **125**: 37-42.
45. K o s t u l a k - Z i e l i ń s k a M., P o t k a ń s k i A., K r y s z a k J.: Skład chemiczny kiszzonek z mieszanek trawiasto-koniczynowych z udziałem *Festulolium*, zakiszanych z dodatkiem kwasu mrówkowego. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2002, **29(2)**: 61-71.
46. K u l i k M.: Effect of different factors on chemical composition of grass-legumes sward. *J. Elementol.*, 2009, **14(1)**: 91-100.
47. Ł y s z c z a r z R.: Modelowe badania nad wpływem terminu zbioru pierwszego odrostu na ilościowe i jakościowe parametry żywicy trwałej i jej mieszanki z lucerną siewną. *Pam. Puł.*, 2001, **125**: 321-329.
48. M a s t a l e r c z u k G.: Zawartość składników pokarmowych w organach roślin łąkowych w warunkach różnej intensywności użytkowania. *Łąk. Pol./Grass. Sci. Pol.*, 2007, **9**: 131-140.
49. M c M a h o n L.R., M c A l l i s t e r T.A., B e r g B.P., M a j a k W., A c h a r y a S.N., P o p p J.D., C o u l m a n B.E., W a n g Y., C h e n g K.J.: A review of the effect of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. *Can. J. Plant. Sci.*, 2000, **80**: 465-485.

50. Sosnowski J., Jankowski K.: Względna wartość pokarmowa mieszanek *Festulolium braunii* z lucerną mieszańcową uprawianych w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Folia Pomer. Univ. Technol. Stein., 2013, **307(28)**: 99-106.
51. Sowiński J., Nowak W., Gospodarczyk F., Szyszkowska A., Krzywiecki S.: Zależność składu chemicznego zielonek od udziału koniczyny czerwonej i traw. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1998, **462**: 165-171.
52. Staniak M.: Plonowanie mieszanki *Feastulolium braunii* z *Trifolium pratense* w zależności od udziału komponentów i nawożenia azotem. Acta. Sci. Pol., Agri., 2008, **7(1)**: 89-92.
53. Szyszkowska A., Krzywiecki S., Gospodarczyk F., Nowak W., Sowiński J.: Zmiany wartości pokarmowej mieszanek tetraploidalnych odmian traw i koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* L.) w sezonie wegetacyjnym. Biul. Oc. Odm., 1997, **29**: 179-183.
54. Ścibior H., Bawolski S.: Plonowanie i skład chemiczny odmian koniczyny czerwonej w zależności od terminu koszenia. Pam. Puł., 1997, **111**: 5-20.
55. Ścibior H., Gawel E.: Plonowanie i wartość pokarmowa wielogatunkowych mieszanek koniczyny czerwonej z trawami. Pam. Puł., 2004, **137**: 149-161.
56. Ścibior H., Magnuszewska K.: Wartość pokarmowa koniczyny czerwonej i kostrzewy łąkowej oraz ich mieszanki w zależności od terminu zbioru pierwszego pokosu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1998, **462**: 157-163.
57. Wasilewski Z.: Ocena wpływu terminu i częstotliwości wykaszania niedojadów na plon, jego jakość i niektóre cechy pastwiska. Wiad. IMUZ, 1994, **18(1)**: 33-41.
58. Wilczek M.: Rośliny motylkowate drobnonasienne. W: Szczegółowa uprawa roślin, Z. Jasińska i A. Kotecki (red.). 2003, 141-244.
59. Żurek J., Chróst J.: Wpływ sposobu użytkowania mieszanki motylkowato-trawiastej na jej produktywność i wartość pokarmowa. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2001, **479**: 313-320.
60. Żurek J., Chróst J.: Produkcyjność i wartość pokarmowa mieszanki motylkowato-trawiastej w zależności od sposobu użytkowania. Pam. Puł., 2002, **130/II**: 817-823.
61. Żurek J., Gawel E.: Efektywność rozkładu w żwaczu suchej masy lucerny w zależności od terminu zbioru pierwszego pokosu. Biul. IHAR, 2003, **225**: 175-183.

Adres do korespondencji:

dr Eliza Gawel
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 794
e-mail: Eliza.Gawel@iung.pulawy.pl

Jerzy Grabiński

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA CECHY JAKOŚCI ZIARNA ŻYTA CHLEBOWEGO*

Słowa kluczowe: żyto, jakość ziarna, warunki meteorologiczne, agrotechnika, odmiana

Wstęp

Żyto jest zbożem, które ze względu na to, że prawie 80% jego światowej produkcji pochodzi z naszego kontynentu bywa nazywane „europejskim” (5). W Polsce uprawia się je na powierzchni przekraczającej 1,2 mln ha (13), co stawia nas w rzędzie największych światowych producentów żyta (10, 11, 12). Na cele spożywcze przeznaczają się w naszym kraju tylko ok. 20–25% rocznej produkcji ziarna żyta. Przy czym wymagania dotyczące jakości ziarna na takie cele są stosunkowo niewielkie. Podstawowym wskaźnikiem oceny mąki żytniej na cele spożywcze jest bowiem liczba opadania, która powinna się mieścić w granicach 110–190 sek. Ponadto ważną z punktu widzenia właściwości przemiałowych cechą jest gęstość ziarna, która powinna być wyższa niż $72 \text{ kg} \cdot \text{hl}^{-1}$. Ziarno żyta ma skład chemiczny bardzo pożądaný w prawidłowym żywieniu człowieka, dlatego też nazywane jest zbożem profilaktycznym (8, 14, 18, 19, 20, 21). W zakresie wielu cech decydujących o walorach dietetycznych przewyższa ono pszenicę (34). W ziarnie żyta jest co prawda mniej białka niż w pszenicy, ale jest ono lepszej jakości, o czym świadczy podwyższona o 30% w stosunku do pszenicy zawartość lizyny (34). Zawartość tłuszczu w ziarnie żyta i pszenicy jest podobna, ale tłuszcz żytni jest lepiej przyswajalny przez człowieka. W porównaniu z pszenicą ziarno żyta zawiera także więcej składników mineralnych: potasu, wapnia, cynku, miedzi, manganu. Ponadto ziarno żyta wyróżnia się spośród innych gatunków zbóż zwiększoną obecnością związków bioaktywnych, które wpływają bardzo pozytywnie na metabolizm człowieka i jego zdrowie (17). Wykorzystanie ziarna żyta na cele żywnościowe związane jest przede wszystkim z wypiekiem chleba, którego spożycie

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

w naszym kraju jest stosunkowo niewielkie, mimo wielu wyników badań wskazujących na to, że chleb wypiekany z mąki żytniej powinien dominować w naszej diecie. Obecnie zdecydowana większość pieczywa w sklepach to pieczywo jasne pszenne lub pszenno-żytnie z jedynie niewielkim dodatkiem żyta. Zdecydowanie lepiej pod względem ilości spożywanego chleba żytniego wygląda sytuacja w Niemczech i krajach skandynawskich, gdzie taki chleb jest zaliczany do zdrowej żywności.

Celem artykułu jest określenie czynników wpływających na cechy jakości ziarna żyta związane z jego przydatnością do przerobu w przemyśle spożywczym (w szczególności piekarniczym) i decydujących o jego walorach odżywczych i dietetycznych.

Warunki pogodowe w kształtowaniu cech jakościowych ziarna żyta

Warunki pogodowe są czynnikiem silnie determinującym jakość ziarna zbóż i żyto nie jest tu wyjątkiem. Zdarzają się lata, w których możliwości znalezienia na polskim rynku ziarna o jakości odpowiedniej dla przemysłu piekarniczego są na tyle ograniczone, że konieczny jest jego import z innych krajów (4). W przypadku żyta utrata jakości następuje stosunkowo łatwo, bo kiedy kończy się faza woskowa i ziarno osiągnie wilgotność 14–15%, to wystarczy kilka dni z opadami, aby rozpoczął się proces jego kiełkowania (porastanie na pniu), co prowadzi do bezpowrotnej utraty jakości (częściowej lub całkowitej). Dlatego często lepiej jest zebrać ziarno wilgotne i ponieść koszty na jego dosuszenie niż oczekiwać na dobrą pogodę i wysuszenie ziarna w kłosie. Niestety w praktyce zbiór bardzo często realizowany jest usługowo i jego termin nie może być realizowany w wybranym przez producenta czasie. Poza tym duża część producentów nie posiada suszarni i tym samym przesuwają zbiór, do czasu, gdy ziarno nie wymaga już takiego dosuszenia.

Miarą wpływu warunków pogodowych na cechy jakościowe ziarna jest jej zmienność w latach. Generalnie można przyjąć, że jakość ziarna najsilniej kształtuje się w końcowych fazach wegetacji. Przy czym największe znaczenie ma tutaj ilość opadów, ale nie bez wpływu na jakość jest także usłonecznienie i temperatura. W badaniach Buksy i in. (5) najsilniej zmieniającymi się w latach cechami fizycznymi ziarna żyta były: celność i wyrównanie. Współczynnik zmienności dla tych cech, dla lat 2004–2006, wynosił odpowiednio: 54,2 i 21,4 (tab. 1). W zakresie składu chemicznego ziarna zmienność między latami była również znaczna i dotyczyła przede wszystkim zawartości pentozanów. W tych samych badaniach największą zmienność spośród analizowanych parametrów mąki stwierdzono w przypadku lepkości maksymalnej (współczynnik zmienności $V = 43,9$). Do cech ziarna żyta podlegających zdecydowanie mniejszym zmianom w badaniach powyższych autorów (5) należała gęstość ziarna w stanie zsypanym, a w przypadku jego składu chemicznego – zawartość skrobi i popiołu.

W badaniach Sadowskiego i Rychcika (39) w roku, w którym opady były zdecydowanie wyższe, a temperatury stosunkowo niskie ilość białka w ziarnie była niższa niż w pozostałych latach prawie o 19%.

Tabela 1

Zmienność cech pomiędzy odmianami i w kolejnych latach uprawy żyta

Badana cecha	Odmiana		Rok	
	p	V(%)	p	V(%)
analiza ziarna				
Gęstość w stanie zsypanym	**	1,6	**	2,2
Celność	**	25,7	**	54,5
Wyrównanie	**	6,1	**	21,4
Masa 1000 ziaren	**	6,1	**	8,6
Liczba opadania	**	25,9	**	5,2
Zawartość popiołu	**	1,2	**	1,9
Zawartość tłuszczu surowego	**	5,5	**	7,1
Zawartość białka	**	9,3	**	13,3
Zawartość pentozanów całkowitych	**	6,8	**	13,2
Zawartość pentozanów rozpuszczalnych	**	7,9	**	20,4
Zawartość skrobi	**	1,7	**	2,1
analiza mąki				
Zawartość skrobi	**	0,8	**	2,8
Początkowa temperatura kleikowania	**	2,9	**	2,4
Lepkość maksymalna	**	33,0	**	43,9
Końcowa temperatura kleikowania	**	4,3	**	2,6

** różnice statystycznie istotne przy poziomie istotności 0,01; V – współczynnik zmienności cech

Źródło: Buksa i in., 2012 (5)

Negatywny wpływ pogody na jakość ziarna wynika z samego faktu wystąpienia niedostatku czy nadmiaru opadów, czy też niekorzystnych warunków termicznych, ale też wpływa na występowanie chorób, które powodują osłabienie asymilacji, a w efekcie zmiany jakościowe.

Duże znaczenie w kształtowaniu jakości ziarna zbóż mają choroby fuzaryjne, w szczególności powodowane przez grzyby *Fusarium culmorum* i *Fusarium avenaceum*, których metabolitami są m.in. deoksyniwalenol i moniliformina (29). Wytwarzanie ich przez grzyby w zasadniczej mierze zależy od wilgotności powietrza po wykłoszeniu zboża. Jeśli wystąpią w tym czasie częste opady, a temperatury w dzień mieszczą się w granicach 12–24°C, a w nocy 5–12°C, to prawdopodobieństwo wystąpienia fuzarioz jest bardzo duże (29). Te specyficzne dla dobrego rozwoju wymagania grzybów fuzaryjnych sprawiają, że w niektóre lata mamy do czynienia z epifitozami tych grzybów, a w inne w ogóle ich nie ma – nawet w warunkach mało intensywnych technologii, z bardzo ograniczoną ochroną chemiczną. Wpływ fuzarioz na jakość ziarna wynika, podobnie jak w przypadku innych rodzajów grzybów, z ich negatywnego oddziaływania na procesy fizjologiczne. Jednak większym problemem są w tym przypadku wytwarzane przez nie – wcześniej wymienione – mikotoksyny. Nawet stosunkowo niewielkie ilości mikotoksyn w ziarnie mogą całkowicie dys-

kwalifikować jego przydatność i to zarówno na cele żywnościowe, jak i paszowe. Dopuszczalne ilości mikotoksyn w ziarnie zbóż określają Rozporządzenia Komisji Europejskiej (37, 38) (tab. 2).

Tabela 2

Najwyższe dopuszczalne poziomy mikotoksyn w nieprzetworzonym ziarnie zbóż

Rodzaj mikotoksyny		Najwyższy dopuszczalny poziom (μkg^{-1})
Aflatoksyny	B1	2,0
	Suma B1, B2, G1 i G2	4,0
	M1	-
Ochratoksyna		5,0
Deoksyniwalenol		1250
Zearalenon		100

Źródło: Rozporządzenie Komisji, 2010 (37)

Jakość ziarna żyta w zależności od odmiany

Jak dotąd nie dokonano podziału odmian żyta na klasy (grupy) jakości określające przydatność do młynarskich i piekarskich celów, tak jak w przypadku pszenicy, chociaż jak wskazują badania, zróżnicowanie między odmianami w zakresie poszczególnych cech jakości jest niekiedy bardzo duże (tab. 3) (4, 5, 24, 33). Jak wynika z badań COBORU (24), różnice między odmianami żyta w zakresie masy 1000 ziaren przekraczają 10%. Spośród odmian populacyjnych najwyższą wartością tej cechy charakteryzuje się odmiana Dańkowskie Złote, a spośród odmian mieszańcowych Brandie F1. Spore różnice są także w zakresie wyrównania ziarna. Pod względem tej cechy najwyższe wartości stwierdza się u odmian populacyjnych Dańkowskie Złote i Horyzo, a z mieszańcowych Brandie F1 i SU Alawi F1. Średnio nieco wyższym (o 3%) wyrównaniem charakteryzują się odmiany mieszańcowe żyta (24). Z opisywanych badań (24) wynika również, że na ogół odmiany te cechują się wyższą liczbą opadania, a wśród nich na wyróżnienie w tym względzie zasługują odmiany: Gonello F1, SU Performer, SU Stakkato F1 i Visello F1. Spore różnice międzyodmianowe dotyczą także zawartości białka, przy czym w tym przypadku to odmiany mieszańcowe mają tego składnika wyraźnie mniej niż odmiany populacyjne. Wśród odmian populacyjnych najwięcej białka gromadzą Dańkowskie Amber i Dańkowskie Złote. Różnice w wydajności mąki pomiędzy odmianami żyta są stosunkowo duże, chociaż nie przekraczają 8%. Najwyższą wartość tej cechy stwierdzono u odmian Bosmo i SU Skaltio.

Tabela 3

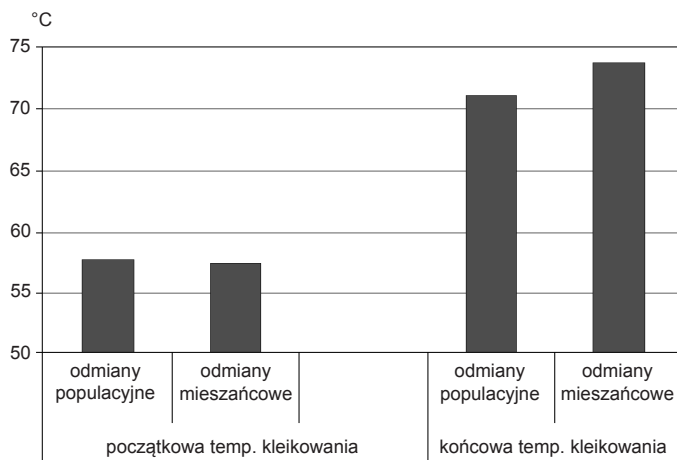
Wybrane cechy ziarna odmian żyta ozimego

Odmiana	Masa 1000 ziaren (g)	Wyrównanie ziarna (%)	Gęstość ziarna w stanie zsypanym	Liczba opadania	Zawartość białka
			Skala 9°		
populacyjne					
Antonińskie	34,4	81	5	5	6
Armand	34,2	82	5	5	6
Bosmo	35,2	84	5	4	6
Dańkowskie Amber	34,2	81	5	5	7
Dańkowskie Diament	34,4	80	6	6	6
Dańkowskie Rubin	34,0	81	6	4	6
Dańkowskie Złote	35,7	86	5	4	7
Daran	34,0	81	5	4	6
Domir	34,2	81	5	5	5
Horyzo	35,6	86	5	5	5
Stanko	33,9	81	5	4	5
syntetyczne					
Herakles	34,6	83	6	6	4
mieszańcowe					
Balistic	36,3	87	6	6	3
Brandie	36,5	91	8	5	6
Brasetto	34,5	84	5	6	3
Gonello	33,2	81	6	7	1
KWS Bono	32,3	79	7	6	3
Minello	32,8	83	5	6	4
Palazzo	35,1	84	5	6	1
SU Allawi	35,6	91	5	5	4
SU Drive	34,7	87	5	5	3
SU Performer	33,2	84	6	7	2
SU Satellit	34,4	85	6	6	2
SU Skaltio	36,2	90	5	4	4
SU Spektrum	32,2	80	6	6	3
SU Stakkato	34,0	86	5	7	2
Tur	33,7	86	5	5	3
Visello	34,1	87	6	7	3

Źródło: COBORU, 2013 (24)

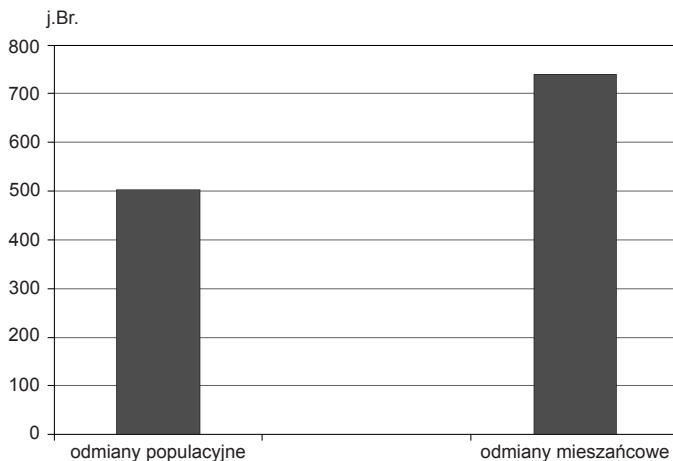
W zakresie początkowej temperatury kleikowania różnice między odmianami żyta są stosunkowo niewielkie, ale w przypadku końcowej temperatury kleikowania są one znaczne, przy czym na ogół wyraźnie wyższą wartością tej cechy charakteryzują się odmiany mieszańcowe (rys. 1). Jeszcze większa różnica pomiędzy odmianami populacyjnymi i mieszańcowymi dotyczy lepkości maksymalnej kleiku skrobiowego (rys. 2). W przypadku tych drugich średnia wartość tej cechy przekracza 700 j.Br. Jednak jak twierdzą Rothkaehl (35) oraz Lindhauer i Brummer (23), dla uzyskania

dobrej jakości pieczywa żytniego wystarczy lepkość maksymalna kleiku skrobiowego na poziomie 350 jednostek Brabendera.



Rys. 1. Początkowa i końcowa temperatura kleikowania mąki żytniej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych COBORU, 2013 (24)

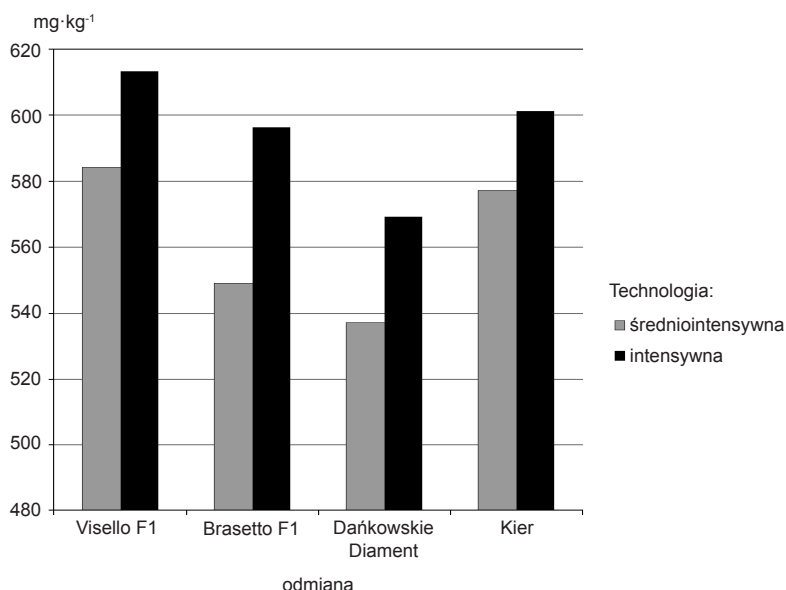


Rys. 2. Lepkość maksymalna kleiku skrobiowego – średnia z odmian

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych COBORU, 2013 (24)

Ziarno żyta zawiera wiele związków chemicznych mających pozytywne znaczenie w żywieniu człowieka, dietetyce oraz profilaktyce niektórych chorób cywilizacyjnych. Lista tych związków jest bardzo długa. Jako szczególnie cenne dla człowieka są składniki błonnika pokarmowego (pentozy, fruktany i β -glukany, a w szczególności ich frakcje rozpuszczalne w wodzie (3, 30, 31, 41). Oprócz stosunkowo dużych ilości błonnika pokarmowego oraz łatwo przyswajalnych białek i witamin ziarno żyta zawiera także kwasy fenolowe (np. ferulowy i kawowy) oraz fitoestrogeny

(np. secoisolariciresinol – SECO, matairesinol – MAT) (8, 16, 28, 33). Ostatnio coraz większe zainteresowanie w kontekście wykorzystania żyta w przemyśle spożywczym budzą kwasy hydroksamowe (40). Z danych literaturowych wynika, że w żytniej mące razowej można wyróżnić następujące związki z tej grupy: 2-benzoksazolin (BOA), 7-metoksy-2-benzoksazolin (MBOA), laktamy, takie jak: 2-hydroksy-1,4-benzoksazolin-3-on (HBOA) oraz 2-hydroksy-7-metoksy-1,4-benzoksazyn-3-on (HMBOA) czy ich odpowiedniki glukozydowe, a ponadto 2,4-dihydroksy-1,4-benzoksazyn-3-on (DIBOA) czy 2,4-dihydroksy-7-metoksy-1,4-benzoksazyn-3-on (DIMBOA) i ich odpowiednie glukozydy (1, 6). Związki te występują w ziarnie w stosunkowo niewielkiej ilości, ale jeśli przyjąć, że pieczywo spożywa się niemal codziennie, to okazuje się, że ilości tych substancji dostarczanych do organizmu są całkiem duże. Ważnym przyczynkiem do wzmocnienia hipotezy o pozytywnym wpływie kwasów hydroksamowych na organizm człowieka jest to, że istnieje wyraźne podobieństwo strukturalne MBOA i melatoniny – hormonu odpowiadającego za zwiększenie produkcji w organizmie czynnika przeciwzapalnego IL-10 (25). Pozytywne efekty związków fenolowych w badaniach klinicznych zaowocowały powstawaniem prac patentowych dotyczących medycznego wykorzystania wybranych związków z grupy bezoksazoli (36). Można założyć, że wraz ze zwiększaniem zainteresowania spożyciem pieczywa żytniego zawartość związków bioaktywnych w poszczególnych odmianach stanie się ważnym wyznacznikiem do określania ich przydatności do produkcji zdrowej żywności. O tym, że zmienność odmianowa w zakresie ich gromadzenia w ziarnie jest duża świadczą wiele badań. Dobrym przykładem mogą być także badania autora (rys. 3).



Rys. 3. Zawartość alkilorezorcynoli w ziarnie żyta w zależności od odmiany i intensywności technologii (2013 rok)

Źródło: opracowanie własne

Wpływ agrotechniki na cechy jakościowe ziarna żyta

Żyto jest gatunkiem, któremu producenci poświęcają na ogół zdecydowanie mniej uwagi niż pszenicy, chociaż liczne badania wskazują na bardzo silny wpływ intensywności technologii na wysokość plonów tego gatunku (11,12). Zabiegi agrotechniczne zmieniają jakość ziarna żyta – niekiedy znacząco. Jak wynika z badań Bowszysa i in. (2), nawet wapnowanie może w pewnych warunkach odegrać w tym względzie dużą rolę. Zabieg ten w połączeniu z nawozami jednoskładnikowymi zwiększył zawartość azotu białkowego w ziarnie odmiany mieszańcowej o 24%, a w populacyjnej o 31%. Z badań Budzyńskiego i in. (4) można wywnioskować, że podstawowy, plonotwórczy czynnik jakim jest azot, nawet stosowany w wysokiej dawce $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w niewielkim stopniu wpływa na zmniejszenie takich parametrów, jak masa 1000 ziaren czy wyrównanie (4). Również niewielkie zmiany pod wpływem rosnących dawek azotu zaobserwowano w przypadku liczby opadania. Natomiast w badaniach Budzyńskiego i in. (4) składnik ten negatywnie wpływał na maksymalną lepkość kleiku skrobiowego; dawka powyżej $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowała jej obniżenie nawet o 20% (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem na cechy fizyczne ziarna żyta (średnio z 3 lat)

Cecha ziarna	Odmiana	Dawka N						
		0	30	60	60 + 30	90 + 30	90 + 60	Średnio
Masa 1000 ziaren (g)	Amilo	32,6	34,2	33,7	32,7	31,7	32,4	32,9
	Esprit	34,4	35,3	33,9	34,5	33,0	33,5	34,1
	Średnio	33,5	34,7	33,8	33,6	32,3	32,9	33,5
NIR: nawożenie – r.n.; odmiana – 0,5								
Wyrównanie (%)	Amilo	77,5	85,2	84,7	78,8	81,1	82,2	81,6
	Esprit	91,9	90,5	88,0	92,9	82,4	83,1	88,1
	Średnio	84,7	87,8	86,3	85,9	81,7	82,6	84,8
NIR: nawożenie – 1,6; odmiana – 0,6								

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Budzyński i in., 2004 (4)

Ważną rolę w technologii produkcji zbóż odgrywa ochrona przed chwastami. Silne zachwaszczenie może doprowadzić nie tylko do dużego spadku plonu, ale także do obniżenia jego jakości (9). Rodzaj stosowanego herbicydu nie ma większego wpływu na jakość ziarna i wytworzonego z niego chleba (26). Straty w plonie wywołane wystąpieniem w zasiewach żyta takich chorób, jak mączniak właściwy (*Blumeria graminis*) czy rdza brunatna (*Puccinia recondita*) mogą sięgać nawet 29% (15, 32). Bardzo duże straty ilościowe na ogół nie pozostają bez wpływu na jakość. Jednak stosunkowo najwięcej uwagi w przypadku chorób w kontekście zmian jakościowych poświęca się fuzariozom, których występowanie bywa nie tylko powodem negatyw-

nych zmian w zakresie podstawowych parametrów jakości, jak masa 1000 ziaren czy wyrównanie, ale także może prowadzić do skażenia ich mikotoksynami. W „Metodyce integrowanej ochrony żyta” (29) dla ograniczenia metodami niechemicznymi chorób fuzaryjnych kłosa proponuje się stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego, niszczenie źródeł infekcji pierwotnych, stosowanie możliwie pełnego zakresu upraw późniejszych i przedwiosennych (podorywka i głęboka orka jesienią), właściwe nawożenie (z zachowaniem odpowiedniego stosunku NPK). W tymże opracowaniu wymienione są także substancje czynne fungicydów zarejestrowane do zwalczania fuzariozy kłosów, w tym: prochloraz i karbendazym, prochloraz i fluchinkonazol, fenpropimorf i epoksikonazol, fenpropimorf i epoksikonazol oraz krezoksym metylu, propikonazol i cypikonazol, protikonazol i tebukonazol. Generalnie zwalczanie fuzarioz w życie, podobnie jak w innych zbożach, jest bardzo trudne i nie zawsze działania te są wystarczające dla zmniejszenia natężenia występowania tych chorób w stopniu wystarczającym do ograniczenia ich negatywnego wpływu na plonowanie oraz na występowanie mikotoksyn. Niektóre badania wskazują, że problematyka zwalczania chorób fuzaryjnych jest bardzo złożona. Dokumentują to wyniki uzyskane przez Gaurilcikienę i in. (7), w których w roku z największym porażeniem przez fuzariozę kłosów zastosowanie azoksystrobiny najsilniej ograniczyło stopień porażenia przez te choroby, ale było także czynnikiem wpływającym na zwiększenie zawartości DON oraz T2 w ziarnie żyta (tab. 5 i 6).

Tabela 5

Wpływ stosowania fungicydów na występowanie fuzariozy kłosów oraz odsetek zainfekowanych kłosów (lata 2004–2006)

Fungicyd (substancja aktywna)	Odsetek kłosów porażonych przez fuzariozę kłosów (%)
2004	
Kontrola	40,0
Propikonazol	21,6
Tebukonazol	18,3
Azoksystrobina	11,7
2005	
Kontrola	5,0
Propikonazol	21,7
Tebukonazol	6,7
Azoksystrobina	20,0
2006	
Kontrola	0
Propikonazol	0
Tebukonazol	0
Azoksystrobina	0

Źródło: Gaurilcikienę i in., 2011 (7)

Tabela 6

Wpływ stosowania fungicydów na ilość mikotoksyn w ziarnie żyta i pszenżyta w 2004 roku

Fungicyd – substancja aktywna	Zawartość mikotoksyn ($\mu\text{·kg}^{-1}$)	
	DON	T-2
żyto		
Kotrola	<100	23,5
Propikonazol	281,7*	53,8
Tebukonazol	578,1**	42,1
Azoksystrobina	634,0**	134,1
pszenżyto		
Kotrola	419,6	47,7
Propikonazol	361,3	47,8
Tebukonazol	240,6*	51,0
Azoksystrobina	170,5*	0

* różnice istotne w stosunku do obiektu kontrolnego ($P = 0,95$);** różnice istotne w stosunku do obiektu kontrolnego ($P = 0,99$)

Źródło: Gaurilcikienė i in., 2011 (7)

Oprócz technologii tradycyjnych, różniących się wysokością dawek nawozów oraz zakresem ochrony chemicznej należy wyróżnić także technologie, w których w ogóle nie stosuje się wymienionych, przemysłowych środków produkcji (22). Są to technologie właściwe dla gospodarstw ekologicznych, odgrywające coraz większą rolę w dostarczaniu produktów żywnościowych na nasz rynek. Problematyka jakości płodów rolnych pochodzących z takich gospodarstw znajduje swoje odzwierciedlenie także w badaniach naukowych (27, 39). Mazurkiewicz (27) porównał jakość ziarna żyta produkowanego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. W badaniach tego autora ziarno wytworzone metodami ekologicznymi (bez przemysłowych środków produkcji) charakteryzowało się wyższą masą tysiąca ziaren, ale zdecydowanie niższą celnością (o 30%) (tab. 7). Ponadto mąka pozyskana z ziarna produkowanego metodami ekologicznymi charakteryzowała się zdecydowanie niższym (o 80%) wskaźnikiem sedimentacji. Natomiast liczba opadania w systemie ekologicznym i konwencjonalnym nie różniła się istotnie.

Tabela 7

Właściwości fizyczne ziarna żyta odmiany Dańkowskie Złote uprawianego metodami ekologicznymi i konwencjonalnym

Sposób produkcji	Masa 1000 ziaren (g)	Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg/m^3)	Szklistość (%)	Celność (%)	Wyrównanie (%)
Konwencjonalny	31,5	757,2	70	56,0	77,6
Ekologiczny	33,7	740,6	86	43,1	81,6

Źródło: Mazurkiewicz, 2003 (27)

Brakuje w literaturze doniesień o możliwości kształtowania jakości ziarna żyta w zakresie zawartości związków bioaktywnych opisanych w poprzednim rozdziale. Niewykluczone jednak, że taka możliwość istnieje i w przyszłości kształtowanie jakości ziarna żyta poprzez technologię produkcji będzie pewną normą.

Podsumowanie

Literatura dotycząca jakości ziarna żyta jest stosunkowo uboga. Wynika z niej, że zmienność w zakresie cech jakościowych ziarna tego gatunku decydujących o jego przydatności dla przemysłu młynarskiego, czy też cech reologicznych ciasta jest stosunkowo duża. Obniżenie parametrów jakości poniżej poziomu akceptowalnego przez młynarzy czy piekarzy zachodzi u żyta dość łatwo pod wpływem niekorzystnych warunków pogodowych (opady deszczu) w czasie dojrzewania ziarna i żniw. Ponadto duże znaczenie w obniżeniu jakości ziarna żyta może odegrać pogoda w okresie poprzedzającym dojrzewanie, w szczególności w okresie kłoszenia i kwitnienia, kiedy to w warunkach dużej wilgotności i odpowiednio wysokiej temperatury może dojść do porażenia przez choroby fuzaryjne będące bezpośrednią przyczyną skażenia ziarna mikotoksynami.

Ważną rolę w kształtowaniu jakości ziarna żyta odgrywa agrotechnika, która w praktyce bardzo często jest niedostosowana do zagrożeń wynikających z przebiegu pogody, np. związanych z wyleganiem czy występowaniem chorób. Ponadto duże możliwości oddziaływania producenta na jakość uzyskiwanego plonu ziarna żyta wynikają z wyboru odmiany, ponieważ różnice międzyodmianowe w przypadku niektórych cech jakości są nawet kilkudziesięcioprocentowe.

Wydaje się, że najbliższe lata powinny przynieść w naszym kraju wyraźny wzrost zainteresowania spożywaniem chleba żytniego i innych przetworów uzyskanych z mąki tego gatunku i w związku z tym należy założyć zwiększenie zapotrzebowania na badania nad jakością ziarna żyta, w tym także w zakresie zmian zawartości w nim związków bioaktywnych.

Literatura

1. Bacon C.W., Hinton D.M., Glenn A.E., Macias F.A., Marin D.: Interactions of *Bacillus mojavensis* and *Fusarium verticillioides* with a benzoxazolinone (BOA) and its transformation product, APO. J. Chem. Ecol., 2007, **33**: 1885-1897.
2. Bowszys J., Bowszys T., Wierzbowska J.: Wpływ wapnowania na zawartość i skład białka żyta ozimego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2010, **556**: 49-55.
3. B o r o s D.: Aktualne wymagania jakościowe zbóż ze szczególnym uwzględnieniem pszenicy w zależności od sposobu użytkowania. Biul. IHAR, 2005, **235**: 87-93.

4. Budzyński W., Gleń A., Bielski S.: Wartość technologiczna ziarna żyta mieszańcowego i populacyjnego w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 19-32.
5. Buksa K., Nowotna A., Gambuś H., Krawontka J., Sabat R., Noga M.: Analiza towaroznawcza i skład chemiczny ziarna wybranych polskich odmian żyta, pochodzących z trzech kolejnych lat uprawy. *Acta Agroph.*, 2012, **19(2)**: 265-276.
6. Fomsgaard I.S., Mortensen A.G., Holm P.B., Gregersen P.: Use of benzoxazinoids-containing cereal grain products for health-improving purposes. PA 84245, 2008.
7. Gaurilcikiene I., Mankeviciene A., Suproniene S.: The effect of fungicides on rye and triticale grain contamination with *Fusarium* fungi and mycotoxins. *Zemdyrbyste-Agriculture*, 2011, **98(1)**: 19-26.
8. Gąsiorowski H.: Żyto: chemia i technologia. PWRiL, Poznań 1994.
9. Gołębiowska H., Płaskowska E., Sadowski J., Wysocki A.: Oddziaływanie systemu uprawy roli i herbicydów na zdrowotność oraz jakość plonów odmian żyta ozimego. *Prog. Plant Prot.*, 2011, **51(2)**: 852-857.
10. Górski T., Krasowicz S., Kuś J.: Glebowo klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. *Pam. Puł.*, 1999, **114**: 127-142.
11. Grabiński J., Hołubowicz-Kliza G., Brzózka F.: Uprawa i wykorzystanie żyta ozimego. *Instr. upowszech. IUNG-PIB*, 2007, 138: 1-80.
12. Grabiński J., Podolska G.: Stan aktualny i perspektywy zmian w produkcji zbóż w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **14**: 55-70.
13. GUS. Wynikowy szacunek produkcji głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodnich. Warszawa 2014.
14. Hansen H.B., Rasmussen C.V., Bach Knudsen K.E., Hansen Å.: Effects of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L.) grain. *J. Sci. Food Agric.*, 2002, **83(1)**: 76-85.
15. Hartleb H., Hartmann G., Wolff C., Rucker P.: Yield effect of leaf rust (*Puccinia recondite* Rob. Ex Desm.) on wheat and rye and *Puccinia hordei* Otth. on barley with respect to cultivar susceptibility at at Sachsen-Anhalt. *Gesunde Pflanzen*, 1995, **47**: 59-64.
16. Heinonen S., Nurmi T., Liukkonen K., Poutanen K., Wahala K., Deyama T., Nishibe S., Adlercreutz H.: In vitro metabolism of plant lignans: New precursors of mammalian lignans enterolactone and enterodiol. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**: 3178-3186.
17. Jasińska I., Kołodziejczyk P., Michniewicz J.: Ziarno żyta jako potencjalne źródło składników prozdrowotnych w diecie. *Żywność-Nauka-Technologia-Jakość*, 2006, **2(47)**: 85-92.
18. Juntunen K.S., Mazur W.M., Liukkonen K.H., Uehara M., Poutanen K.S., Adlercreutz H.C., Mykkänen H.M.: Consumption of wholemeal rye bread increases serum concentrations and urinary excretion of enterolactone compared with consumption of white wheat bread in healthy Finnish men and women. *Br. J. Nutr.*, 2000, **84(6)**: 839-46.
19. Kamel B.S., Stauffer C.E.: Advances in Baking technology. Blackie Academic and Professional. London 1993.
20. Katina K., Arendt E., Liukkonen K.H., Autio K., Flandera L., Poutanen K.: Potential of sour-dough for healthier cereal products. *Trends Food Sci. Technol.*, 2005, **16(1-3)**: 104-112.
21. Król B., Grzelak K.: Qualitative and quantitative composition of fructooligosaccharides in bread. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **223(6)**: 755-758.

22. Kurowski T.P., Damszel M., Wysocka U., Sadowski T., Rychcik B.: Zdrowotność żyta ozimego uprawianego w systemie konwencjonalnym i ekologicznym. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, **52(4)**: 1188-1192.
23. Lindhauer M., Weipert D.: Die Qualitat der deutschen Roggenernte. Die Muhle+Mischfuttertechnik, 2001, **138(21)**: 631-682.
24. Lista opisowa odmian. COBORU, Słupia Wielka 2013.
25. Majewska M., Zajac K., Zemelka M., Szczepanik M.: Influence of melatonin and its precursor L-trptophan on TH1 dependent contact hypersensitivity. *J. Physiol. Pharmacol.*, 2007, **58(Suppl. 6)**: 125-132.
26. Marczewski K., Rola H., Biskupski A., Sumisławska J.: Wpływ herbicydów stosowanych w uprawie żyta na wartość technologiczną ziarna wybranych odmian. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2010, **556**: 165-174.
27. Mazurkiewicz J.: Porównanie jakości technologicznej pszenicy i żyta uprawianych w warunkach konwencjonalnych i gospodarstwa ekologicznego. *Acta Agroph.*, 2003, **6(3)**: 729-741.
28. Mazur W., Adlercreutz H.: Overview of naturally occurring endocrine-active substances in the human diet relations to human health. *Nutrition*, 2000, **16**: 654-687.
29. Metodyka integrowanej ochrony żyta. IOR. Poznań 2013. <http://www.minrol.gov.pl/Informacje-branżowe/Produkcja-roslinna/Ochrona-roslin/Integrowana-ochrona-roslin/Metodyki-integrowanej-ochrony-roslin>
30. Michniewicz J., Gąsiorowski H.: Beta-glukany zbożowe i ich rola w przemyśle i żywieniu człowieka. *Post. Nauk Roln.*, 1994, **1(247)**: 41- 49.
31. Michniewicz J.: Pentozany w technologii produkcji zbóż. *Rocz. AR Poznań*, 1995, **261**: 70-77.
32. Miedaner T., Sperling U.: Effect of leaf rust on yield components of winter rye hybrids and assessment of quantitative resistance. *J. Phytopathol.*, **143**: 725-730.
33. Nilsson M., Aman P., Harkonen H., Hallmans G., Knudsen K.E.B., Mazur W., Adlercreutz H.: Content of nutrients and lignans in roller milled fraction of rye. *J. Sci. Food Agric.*, 1997, **73**: 143-148.
34. Nowotna A., Buksa K., Gambuś H., Gnela H., Ziobro R., Sabat R., Krawontka J.: Użycie mąki całościowej z różnych odmian żyta w piekarstwie. *Żywność-Nauka-Technologia-Jakość*, 2007, **3(52)**: 90-97.
35. Rothkaehl J.: Ocena amylograficzna a liczba opadania. *Biul. Inf. CLTPPZ*, 2000, **3-4**: 29-37.
36. Rosenfeld M.J., Forsberg S.R.: Compounds for use in weight loss and appetite suppression in humans. Patent No US 7,507,731 B2.
37. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 165/2010 z dnia 26 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do aflatoksyn. (*Dz.Urz. WE L 50/8*).
38. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. (*Dz.Urz. WE L 364/5*).
39. Sadowski T., Rychcik B.: Plonowanie i wybrane cechy jakości ziarna żyta ozimego w okresie przestawiania jego uprawy na system ekologiczny. *Ann. UMCS, Sec. E*, **65(2)**: 91-99.
40. Understrup A.G., Ravnskov S., Hansen H.C.B., Fomsgaard I.S.: Biotransformation of 2-benzoxazolinone to 2-amino-phenoxazin-3-one and 2-acetylamino-phenoxazin-3-one in soil. *J. Chem. Ecol.* 2005, **31**: 1205-1222.

41. V i n k x C.J.A., D e l c o u r J.A.: Rye (*Secale cereal* L.) arabinoxylans: a critical review. J. Cereal Sci., 1996, **24**: 1-14.
-

Adres do korespondencji:

dr hab. Jerzy Grabiński, prof. nadzw.
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 811
e-mail: jurek@iung.pulawy.pl

Antoni Faber, Zuzanna Jarosz

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

OPTIMALIZACJA I ANALIZA RYZYKA EMISJI ROLNICZYCH GAZÓW CIEPLARNIANYCH W UPRAWIE KUKURYDZY NA CELE PALIWOWE*

Słowa kluczowe: emisje rolnicze GHG, optymalizacja, analiza ryzyka, analiza niepewności

Wstęp

Polska, funkcjonując w strukturach Unii Europejskiej, zobowiązana jest do produkcji energii ze źródeł odnawialnych (OZE). Zapewnienie niezbędnego udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym dotyczy również biopaliw transportowych, które są dodatkiem do paliw konwencjonalnych. W tym celu rząd Polski wyznaczył Narodowy Cel Wskaźnikowy (NCW) określający minimalny udział biopaliw i biokomponentów, wyrażony w procentach energetycznych, w ogólnej ilości paliw. Przyjęty przez Radę Ministrów 23 lipca 2013 r. nowy NCW zakłada udział biopaliw w paliwach transportowych na poziomie 8,5% w 2018 r. (10).

Wykorzystanie biopaliw z każdym rokiem wzrasta. Zwiększenie ich udziału w transporcie stwarza możliwości rozwoju wielu sektorów gospodarki. Produkcja biopaliw przyczynia się do dywersyfikacji źródeł energii, pośrednio oznacza stabilizację dochodów w rolnictwie i aktywizację obszarów wiejskich. Dla rolnika to nowe rynki zbytu surowców. Instalacje do produkcji biokomponentów lokalizowane najczęściej przy mniejszych aglomeracjach stanowią istotne ogniwo w lokalnej strukturze zatrudnienia. Większe wykorzystanie całego łańcucha produkcyjnego biopaliw w realizacji Narodowego Celu Wskaźnikowego daje może niewielkie, ale faktyczne uniezależnienie od importu energii.

Kukurydza i pszenica ozima są głównymi surowcami do produkcji bioetanolu w Polsce (5). Zakłady produkujące z tych surowców bioetanol na cele paliwowe mają obowiązek, z mocy obowiązującego dyrektywy 2009/28/WE (RED), wykazania od 2017 r., że emisja gazów cieplarnianych (GHG) w cyklu życia tego biopaliwa uległa ograniczeniu o 50% w stosunku do benzyny (3). Zgodnie z wytycznymi Unii

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Europejskiej tylko biopaliwa spełniające kryteria zrównoważonego rozwoju mogą być wliczone do NCW. Po 2020 r. w szacunkach emisji GHG w cyklu życia biopaliw koniecznym może okazać się uwzględnianie także emisji gazów cieplarnianych związanej z pośrednimi zmianami w użytkowaniu gruntów (*Indirect Land Use Change* – ILUC), której wielkość dla zbóż i upraw o wysokiej zawartości skrobi ustalono obecnie na $12 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$ (9). ILUC jest dodatkową emisją, która może w istotny sposób wpłynąć na ograniczenie emisji, a tym samym na produkcję biopaliw zgodnie z wymogami dyrektywy 2009/28/WE. Konsekwencją tych wymogów jest poszukiwanie możliwych ograniczeń emisji na każdym etapie cyklu życia bioetanolu produkowanego z kukurydzy, w tym także emisji rolniczych GHG.

Znaczący wzrost ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia bioetanolu produkowanego z kukurydzy możliwy jest do osiągnięcia głównie poprzez poprawę agrotechniki w kierunku zwiększenia sekwestracji węgla organicznego w glebach (6, 8). Mniejsze ograniczenia emisji związane są z nawożeniem roślin, zwłaszcza azotem (N). Emisje GHG powstające podczas przemysłowej produkcji nawozów azotowych oraz ich stosowania mają największy udział w emisji ogółem, wynoszący średnio odpowiednio: 17,8 i 18,6% (8). Ograniczenie emisji o $2,4\text{--}2,8 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$, w zależności od dawki i asortymentu nawozu, możliwe jest przez nawożenie kukurydzy asortymentami nawozów obciążonymi mniejszymi emisjami gazów cieplarnianych podczas produkcji (7, 8). Innym możliwym rozwiązaniem jest optymalizacja dawek N stosowanych w uprawie. Wstępne próby optymalizacji według funkcji produkcji (plon ziarna = $f(\text{dawka N})$) wykazały, że optymalne ze względu na wielkość plonu dawki nawożenia azotem powinny zawierać się w przypadku kukurydzy w przedziale $120\text{--}140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (7, 8). Wyznaczenie zakresu tych dawek nie dało jeszcze wystarczająco pełnych przesłanek do zalecania ich w praktyce rolniczej. Koniecznym do tego warunkiem było przeprowadzenie pełniejszych analiz: optymalizacji, ryzyka i niepewności. Dodatkową metodą może być optymalizacja emisji rolniczych gazów cieplarnianych w zależności od plonu i dawki N [Emisja GHG = $f(\text{plon ziarna}, \text{dawka N})$].

Podczas produkcji biopaliw oprócz produktu głównego powstają również produkty uboczne oraz odpady. Zgodnie z metodyką podaną w dyrektywie RED emisję gazów cieplarnianych powstałą podczas produkcji alokuje się do produktu głównego oraz produktów ubocznych. Produktem ubocznym powstającym w procesie produkcji bioetanolu powstającego po przemiale surowca jest DDGS (*Dried Distillers Grains with Solubles*). Susz zbożowy (DDGS) stanowi alternatywne źródło pełnowartościowego białka, włókna oraz energii w żywieniu zwierząt. Wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych czy produktów ubocznych powstających w procesie produkcji biopaliw pozwala nie tylko na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, ale także może poprawić ekonomiczność produkcji.

Celem opracowania jest ocena możliwości optymalizacji emisji rolniczych gazów cieplarnianych z alokacją emisji do produktów ubocznych DDGS powstających przy uprawie kukurydzy na cele paliwowe.

Material i metodyka

Podstawą analiz były informacje pochodzące z badań ankietowych dotyczących technologii produkcji kukurydzy w 275 gospodarstwach produkujących kukurydzę na ziarno. Badana populacja stanowi ok. 3% ogółu gospodarstw produkujących tę roślinę na cele paliwowe. Dane te obejmujące: poziom plonów ziarna ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), wilgotność (%), dawki N, P_2O_5 , K_2O , CaO i pestycydów ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz ilości zużytego oleju napędowego ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) wykorzystywane były także w analizach ograniczenia emisji rolniczych poprzez stosowanie optymalnych dawek nawożenia azotem oraz asortymentów nawozów obciążonych mniejszą emisją przy ich produkcji (7, 8). Średnie charakterystyki technologii produkcji kukurydzy w badanych gospodarstwach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Średnie charakterystyki technologii produkcji kukurydzy w badanych gospodarstwach

Parametr	Jednostka	Polska
Plon	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	6680
Wilgotność	%	-
Zużycie oleju napędowego	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	3149
Dawka N	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	124
Dawka obornika	$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	-
Dawka P_2O_5	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	63
Dawka K_2O	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	86
Dawka CaO	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	122
Dawka pestycydów	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	0,91
Norma wysiewu	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	30
Polowa emisja N_2O	$\text{kg N}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$	2,80

Emisje rolnicze GHG szacowano przy użyciu kalkulatora BIOGRACE jako emisje po alokacji DDGS (1, 2). Szczególną uwagę zwrócono na funkcję spełnienia celu optymalizacji, którym było zmniejszenie emisji rolniczych GHG. Zbiór danych charakteryzujących technologie produkcji kukurydzy na cele paliwowe poddano optymalizacji oraz analizom ryzyka i niepewności z uwzględnieniem emisji GHG po alokacji do produktu ubocznego, plonów ziarna oraz dawek N. W końcu dla zbioru danych wyjściowych oraz zoptymalizowanych oszacowano niepewności emisji gazów cieplarnianych.

W optymalizacjach emisji rolniczych gazów cieplarnianych wykorzystano procedury zawarte w pakiecie statystycznym Statgraphics (Design Optimization Procedures). Zbiór danych wyjściowych ($n = 275$) oraz zoptymalizowanych ($n = 21$) spełniający cel emisyjny $18 \text{ g CO}_2\cdot\text{eq}\cdot\text{MJ}^{-1}$ poddano analizie ryzyka. Wykonano ją dla najlepiej dopasowanych rozkładów statystycznych oszacowanych z wykorzy-

staniem metody @Risk z pakietu statystycznego Palisade Decision Tools. Oszacowane, najlepiej dopasowane rozkłady traktowano jako wyjściowe i wykorzystano je do modelowania rozkładów losowych przy użyciu metody Monte Carlo dla 10000 iteracji. Niepewności badanych zmiennych, w obu badanych zbiorach danych, szacowano z rozkładów t-Studenta dla 95% przedziału ufności.

W pracy przedstawiono wyniki dotyczące spełnienia celu optymalizacji, analizy ryzyka dla badanych zmiennych oraz szacunki niepewności emisji rolniczych GHG, dla których spełniony był wybrany cel optymalizacji. Przeprowadzone badania wykraczają poza zakres wymagań metodycznych określonych w dyrektywie 2009/28/WE dla szacowania emisji rolniczych GHG. Nowelizacja tej dyrektywy zapowiada obowiązek uwzględniania ILUC w szacunkach emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw. Skłania to do poszukiwania i wykorzystywania wszelkich możliwych sposobów zmniejszania emisji gazów cieplarnianych, w każdym ogniwie cyklu życia biopaliw.

Wyniki i dyskusja

Wcześniejsze badania dotyczące wpływu optymalnych dawek N, wyliczonych z krzywych produkcji $\text{Plon ziarna} = f(\text{dawka N})$ dla różnych asortymentów nawozów N oraz sekwestracji węgla organicznego w glebach, na wielkość emisji rolniczych GHG oraz ograniczenia emisji w cyklu życia bioetanolu wykazały, że optymalne dawki nawożenia azotem w produkcji kukurydzy na cele paliwowe powinny zawierać się w przedziale 120–140 kg N·ha⁻¹. Zastosowanie nawozów o niższych emisjach gazów cieplarnianych, powstających w trakcie ich produkcji, w oszacowanych dawkach optymalnych pozwalało zmniejszyć emisje rolnicze odpowiednio o 2,4 i 2,8 g CO₂·eq·MJ⁻¹. Natomiast oszacowane całkowite ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w pełnym cyklu życia bioetanolu produkowanego z ziarna kukurydzy mieściły się w zakresie 49–69%, w zależności od zastosowanego asortymentu nawożenia mineralnego i technologii produkcji (8). Uzyskane ograniczenia emisji GHG spełniałyby wymogi dyrektywy 2009/28/WE obowiązujące od 2017 r., gdyby nie zaistniała ewentualna konieczność uwzględniania pośredniej zmiany użytkowania gruntów. Jak już wspomniano, jeśli podane dawki nawożenia azotem miałyby być stosowane w praktyce, wymagają pogłębienia analiz optymalizacyjnych, z uwzględnieniem analizy ryzyka i niepewności.

Wykonane analizy optymalizacji wykazały, że osiągnięcie wymaganej przez dyrektywę 2009/28/WE standardowej emisji rolniczej GHG wynoszącej 20 g CO₂·eq·MJ⁻¹ jest możliwe dla plonów ziarna na poziomie 6831 kg·ha⁻¹ i dawki N wynoszącej 132 kg·ha⁻¹ (tab. 2). Mniejsze od standardowej emisje rolnicze gazów cieplarnianych uzyskano dla wyższych plonów ziarna i mniejszych dawek nawożenia azotem. Emisję rolniczą wynoszącą 14 g CO₂·eq·MJ⁻¹ oszacowano dla plonu ziarna 8105 kg·ha⁻¹ i dawki N – 98 kg·ha⁻¹ (tab. 2).

Tabela 2

Optymalne wielkości emisji rolniczych GHG dla plonów i dawek N

Rolnicza emisja GHG (z alokacją DDGS) (g CO ₂ ·eq·MJ ⁻¹)	Plon ziarna (kg·ha ⁻¹)	Dawka N (kg·ha ⁻¹)
20	6831	132
18	7225	123
16	7674	112
14	8105	98

Źródło: opracowanie własne

Podane w tabeli 2 dane wyszacowano z zależności pomiędzy emisjami rolniczymi gazów cieplarnianych a badanymi zmiennymi niezależnymi z równania regresji:

$$E = 35,4 - 0,00673 PL + 0,154 N + 3,63E-7 PL^2 - 7,48E-6 PL * N; R^2 = 90,2 \quad [1]$$

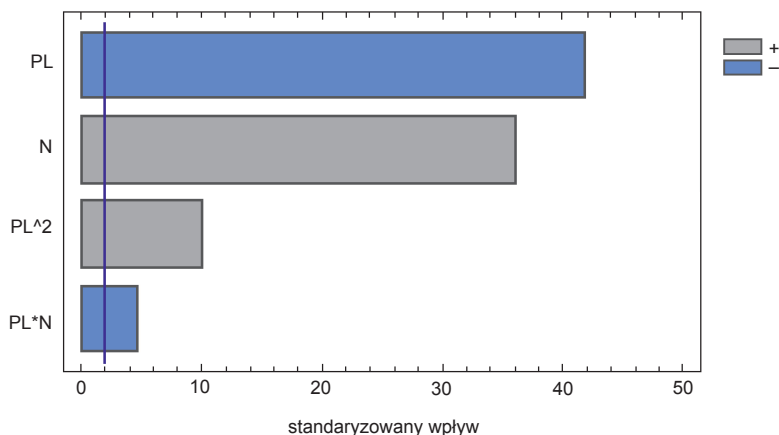
gdzie:

E – emisja GHG (z alokacją DDGS) (g CO₂·eq·MJ⁻¹),

PL – plon ziarna (kg·ha⁻¹),

N – dawka N (kg·ha⁻¹).

Równanie to było statystycznie istotne ($P \leq 0,05$), zaś uwzględnione zmienne objaśniające nie były skorelowane ($r < 0,5$), a ich efekty były istotne na poziomie $P \leq 0,05$. Poszczególne zmienne niezależne zmniejszały (-) lub zwiększały emisje (+) (rys. 1).

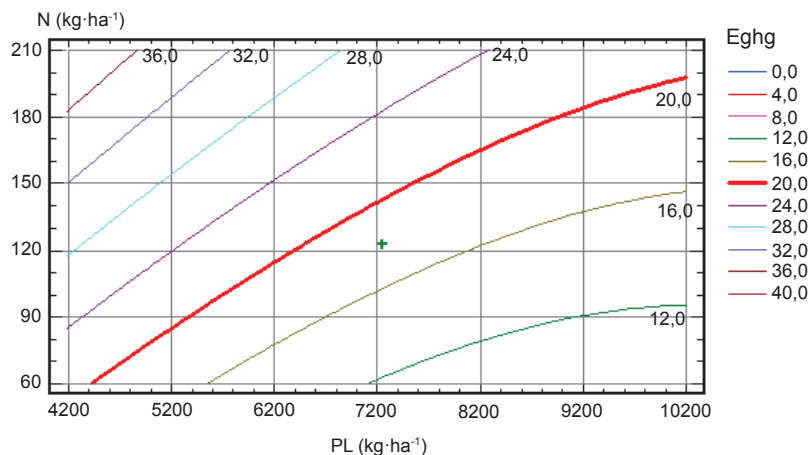


Rys. 1. Wpływ na emisję gazów cieplarnianych badanych zmiennych niezależnych wyrażony standaryzowaną siłą wpływu zmiennych niezależnych na emisje GHG według diagramu Pareto (równanie [1])

Źródło: opracowanie własne

Zakres oszacowanych optymalnych dawek N (tab. 2) był szerszy od tego, jaki oszacowany został we wcześniejszych badaniach (120–140 kg N·ha⁻¹) (8). Płaszczy-

znych reakcji emisji gazów cieplarnianych na badane zmienne niezależne przedstawia rysunek 2.

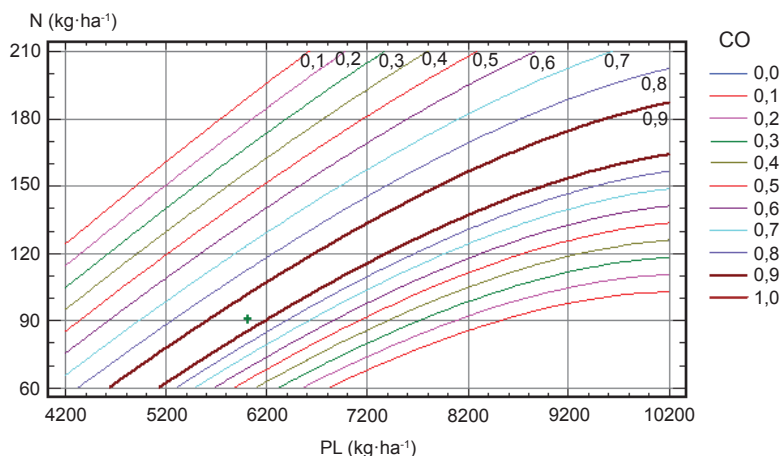


Rys. 2. Kontury oszacowanych emisji GHG (Eghg, g CO₂ eq·MJ⁻¹) w zależności od wielkości plonów ziarna (PL) i dawek azotu (N)

Źródło: opracowanie własne

Obecnie kukurydza uprawiana w Polsce charakteryzuje się średnią emisją rolniczą 19,5 g CO₂ eq·MJ⁻¹ (4). Bliskość tej emisji do wartości emisji standardowej według dyrektywy 2009/28/WE (20 g CO₂ eq·MJ⁻¹) uzasadnia poszukiwania możliwości jej ograniczenia. Przedstawione w tabeli 2 oraz na rysunkach 1 i 2 wyniki optymalizacji emisji sugerowałyby, że dalsze ograniczenie emisji o 2 g CO₂ eq·MJ⁻¹ może być teoretycznie możliwe przy plonie 7225 kg·ha⁻¹ i dawce N 123 kg·ha⁻¹. Spełnienie celów 14 i 16 g CO₂ eq·MJ⁻¹, wymagających dużego wzrostu plonów i dość dużego ograniczenia dawek N, jest w obecnej praktyce rolniczej raczej niewykonalne. Dlatego w dalszej analizie oceniano jedynie możliwość osiągnięcia celu emisyjnego 18 g CO₂ eq·MJ⁻¹, do czego niezbędne byłoby osiągnięcie zwiększenia plonu o 5,8% w stosunku do mediany (7197 kg·ha⁻¹) przy niezmniejszonej dawce N w stosunku do wyjściowego zbioru danych (ok. 132 kg N·ha⁻¹). Zakresy plonów i dawek dla tego celu emisyjnego można odczytać z rysunku 2. Możliwości spełnienia tego celu optymalizacyjnego emisji przedstawiono na rysunku 3.

Wartości spełnienia celu optymalizacji (CO) bliskie 1 oznaczają, że CO na poziomie 18 g CO₂ eq·MJ⁻¹ był spełniony, co stwierdzono dla 21 gospodarstw (7,6% ogółu danych). Interesujące jednak było, czy wyniki analizy ryzyka dla emisji, plonów oraz dawek N w całym zbiorze danych oraz w zbiorze zoptymalizowanym będą się wyraźnie różnić (tab. 3).



Rys. 3. Spełnienie celu optymalizacji (CO) $18 \text{ g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$ (zielony punkt wyznacza optymalne wartości plonu (PL) i dawki azotu (N))

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3

Analiza ryzyka dla emisji GHG, plonów ziarna oraz dawek azotu według symulacji Monte Carlo (10000 iteracji)

Statystyki	Emisja GHG ($\text{g CO}_2 \cdot \text{eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$)		Plon ziarna ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)		Dawka azotu ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	
	CZ*	ZO	CZ	ZO	CZ	ZO
Średnia	19,5	18,5	7197	7867	130	138
Mediana	18,9	18,1	7197	7636	132	133
Percentyle:						
5%	12,5	17,7	4579	6035	73	97
50%	18,9	18,1	7197	7636	132	133
95%	29,5	18,5	9812	10482	181	197

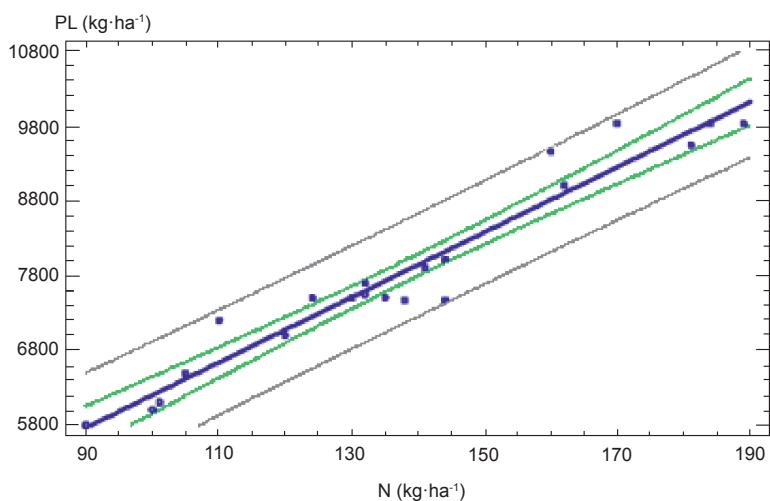
* CZ – cały zbiór ($n = 275$); ZO – zbiór zoptymalizowany ($n = 21$)

Źródło: opracowanie własne

Jak wykazały symulacje Monte Carlo, możliwa teoretycznie oszczędność emisji w zbiorze danych zoptymalizowanym wynosi zaledwie $0,8 \text{ g CO}_2 \cdot \text{eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$, biorąc pod uwagę mediany ($18,9$ – $18,1 \text{ g CO}_2 \cdot \text{eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$). Wartość taka mogłaby być osiągnięta poprzez zwiększenie mediany plonów o $439 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wzrost ten musiałby wynosić 32% dla 5 percentyla plonów i zmniejszałby się w kierunku mediany, osiągając wartość 6,1% dla 50 percentyla plonów. Konieczna dla zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych byłaby dalsza maksymalizacja plonów (w kierunku wartości plonów dla 95 percentyla). Możliwości regulowania wielkości dawek N nie potwierdziły się, ponieważ statystyki dla dawek w obu populacjach danych okazały się zbliżone.

Stwierdzona oszczędność w emisji gazów cieplarnianych wskutek optymalizacji plonów i dawek była 3-krotnie mniejsza niż emisje możliwe do osiągnięcia poprzez właściwy dobór asortymentów nawozów o niższych emisjach GHG powstających w trakcie ich produkcji (8). Na podstawie wcześniej i obecnie uzyskanych wyników można domniemywać, że addytywny efekt doboru nisko emisyjnych nawozów N oraz umiarkowane zwiększenie plonów może zapewnić zmniejszenie emisji rolniczych GHG o rząd wielkości $3,6 \text{ g CO}_2 \cdot \text{eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$.

Zwiększenie plonów kukurydzy o 6,1% w stosunku do mediany w celu zmniejszenia emisji rolniczej GHG o $0,8 \text{ g CO}_2 \cdot \text{eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$ wydaje się być w praktyce wykonalne w perspektywie 2017 r., gdyż wymagałoby to rocznego tempa wzrostu plonów 1,5%, które jest obecnie notowane w krajowych statystykach plonów. Większe ograniczenie emisji rolniczych GHG można by jedynie osiągnąć poprzez kontrolowany zakup do produkcji bioetanolu surowca z gospodarstw o większych plonach. Porównanie wyjściowego zbioru danych oraz zbioru danych po optymalizacji proadzi bowiem do wniosku, że kupowany surowiec powinien spełniać co najmniej następujące warunki: plon $6035\text{--}10\,482 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Mediana = $7636 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz dawki azotu $97\text{--}197 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Mediana = $133 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Spełnienie tych warunków wymagać może pełniejszej znajomości krzywej reakcji plonów na nawożenie N (rys. 4).



Rys. 4. Zależność pomiędzy plonem (PL) a dawką azotu (N) w zbiorze danych po optymalizacji
($PL = 1845,38 + 43,56 N$; $R^2 = 73,3\%$)

Źródło: opracowanie własne

W ocenie celowości zwiększania plonów lub wprowadzania bardziej restrykcyjnych zasad zakupu surowca do produkcji bioetanolu istotna jest nie tylko wielkość zaoszczędzonej emisji gazów cieplarnianych, ale również zmniejszenie niepewności

emisji GHG. Oszacowane zostały więc niepewności dla obu porównywanych zbiorów danych (tab. 4).

Tabela 4

Niepewności emisji rolniczych GHG ($\text{g CO}_2 \text{ eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$) w całym zbiorze danych oraz w zbiorze danych po optymalizacji

Statystyki	CZ	ZO
Średnia	19,5	18,1
Odchylenie standardowe	4,87	0,286
Liczba danych	275	21
Wartość testu t-Studenta (95% PU)	1,96	2,09
Niepewność (95% PU)	0,575	0,130
Niepewność (%)	3	0,7

CZ – cały zbiór (n = 275), ZO – zbiór zoptymalizowany (n = 21) PU – przedział ufności

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Optymalizacja emisji rolniczej GHG (z uwzględnieniem alokacji wywaru DDGS) w uprawie kukurydzy na cele paliwowe poprzez oddziaływania na wielkość plonów i dawek N może przynieść zmniejszenie emisji rolniczych zaledwie o $0,8 \text{ g CO}_2 \cdot \text{eq} \cdot \text{MJ}^{-1}$. Analiza ryzyka wykazała, że można to osiągnąć jedynie poprzez wzrost plonów o 6,1% w stosunku do mediany danych wyjściowych ($7197 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Nie stwierdzono możliwości wpływania na emisję poprzez zmniejszenie dawek N. Wybór do produkcji bioetanolu surowca o większych plonach mieszczących się w zakresie $6035\text{--}10\,482 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ poprzez kontrolowany zakup ziarna mógłby zwiększyć podane ograniczenie emisji oraz zmniejszyć niepewność szacunków emisji GHG do 0,7%, w stosunku do 3% w wyjściowym zbiorze danych.

Literatura

1. BIOGRACE: Harmonised Calculation of Biofuel Greenhouse Gas Emissions in Europe. 2011, (<http://www.biograce.net/content/ghgcalculationtools/excelghgcalculations>)
2. Decyzja Komisji z dnia 30 maja 2013 r. w sprawie zatwierdzenia systemu „narzędzie do obliczania emisji gazów cieplarnianych Biograce” w odniesieniu do wykazania zgodności z kryteriami zrównoważonego rozwoju zgodnie z dyrektywami Parlamentu Europejskiego i Rady 98/78/WE oraz 2009/28/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L147/46, http://www.esqula.pl/include/user_file/dz.ue.l.2013.147.46.pdf; 08. 07. 2014.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (2009/28/WE) z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L140/16, 5.6.2009, PL, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pl:PDF>; 08. 07. 2014.

4. Faber A., Jarosz Z., Borek R., Borzęcka-Walker M., Syp A., Pudełko R.: Poziom emisji gazów cieplarnianych (CO_2 , N_2O i CH_4) dla upraw pszenicy, pszenżyta, kukurydzy i żyta przeznaczonych do produkcji bioetanolu oraz upraw rzepaku przeznaczonych do produkcji biodiesla. Ekspertyza wykonana na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2011, ss. 91.
 5. Izdebski W., Skudlarski J., Zajac S.: Wykorzystanie surowców pochodzenia rolniczego do produkcji biopaliw transportowych w Polsce. *Rocz. Nauk. SERiA*, 2014, **(16)2**: 93-97.
 6. Jarosz Z., Faber A.: Możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014, **39(13)**: 9-27.
 7. Jarosz Z., Faber A.: Ograniczenie emisji rolniczych poprzez stosowanie optymalnych dawek nawożenia azotem. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014, **39(13)**: 29-42.
 8. Krasuska E., Faber A., Pudełko R., Jarosz Z., Borzęcka-Walker M., Kozyra J., Syp A.: Emission saving opportunities for corn cultivation for ethanol in Poland. *J. Food Agr. Environ.*, 2013, **11(3&4)**: 2050-2053.
 9. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. COM(2012) 595 final, 2012/0288 (COD), Brussels, 17.10.2012 (http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel/docs/com_2012_595_en.pdf).
 10. Urząd Regulacji Energetyki. 2013: <http://www.ure.gov.pl>
-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Antoni Faber
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 47 86 767
e-mail: faber@iung.pulawy.pl

Antoni Faber, Zuzanna Jarosz

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA BIOMASY ROLNICZEJ NA CELE ENERGETYCZNE W UNII EUROPEJSKIEJ I POLSCE*

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, biomasa rolnicza, energetyczne wykorzystanie biomasy

Wstęp

Potrzeba zahamowania zmian klimatycznych, zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego i uniezależnienie się od zasobów paliw nieodnawialnych oraz zapewnienie rozwoju obszarów wiejskich spowodowało zwiększenie zainteresowania odnawialnymi źródłami energii (OZE). Głównymi zaletami wdrażania odnawialnych źródeł energii są: decentralizacja krajowego sektora energetycznego, stworzenie szansy rozwoju lokalnych społeczności poprzez stworzenie niezależności energetycznej, rozwoju regionalnego i stworzenie nowych miejsc pracy, a także przyczynienie się do poprawy stanu środowiska.

Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii podlega w Polsce regulacjom ustawy Prawo energetyczne (18) i zmierza do realizacji celów określonych w Polityce energetycznej Polski do 2030 r. (13) oraz w Krajowym Planie Działania (KPD) w zakresie energii ze źródeł odnawialnych. Obowiązujące regulacje i cele uwzględniają wymogi określone w dyrektywach unijnych, w tym w dyrektywie 2009/28/WE promującej wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii (4). Z przyjętej dyrektywy wynika, że kraje członkowskie wspólnie do roku 2020 osiągnąć powinny 20% udział energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii pierwotnej i 10% udział tej energii w sektorze transportowym. Zgodnie z ustalonym celem dla Polski, udział OZE w finalnym zużyciu energii pierwotnej powinien wzrosnąć do poziomu 15% w 2020 r., a w latach następnych przewidywany jest dalszy wzrost tego wskaźnika do poziomu 30% w 2030 r.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

W bilansach energetycznych wszystkich nośników OZE największą pozycję stanowi biomasa, której udział w UE w bilansie energii finalnej z OZE wynosi ok. 60%, a w Polsce przekracza 90%. Realizacja wyznaczonych w KPD celów spowoduje dalszy wzrost zapotrzebowania na energię z biomasy rolniczej, leśnej i komunalnej.

Możliwości pokrycia prognozowanego zapotrzebowania na biomasę pochodzenia rolniczego były przedmiotem badań prowadzonych w przeszłości (7, 8, 12, 16). W niniejszym opracowaniu zwrócono więc uwagę na aktualne uwarunkowania produkcyjne i rynkowe w zakresie możliwości pozyskania biomasy rolniczej na cele produkcji energii cieplnej, elektrycznej oraz biokomponentów paliwowych w Unii Europejskiej (UE) i Polsce. W związku z nowo kształtującą się sytuacją na rynku biomasy stałej szczególną uwagę zwrócono na możliwości szerszego wykorzystywania na cele energetyczne rolniczej biomasy ubocznej oraz biomasy odpadowej.

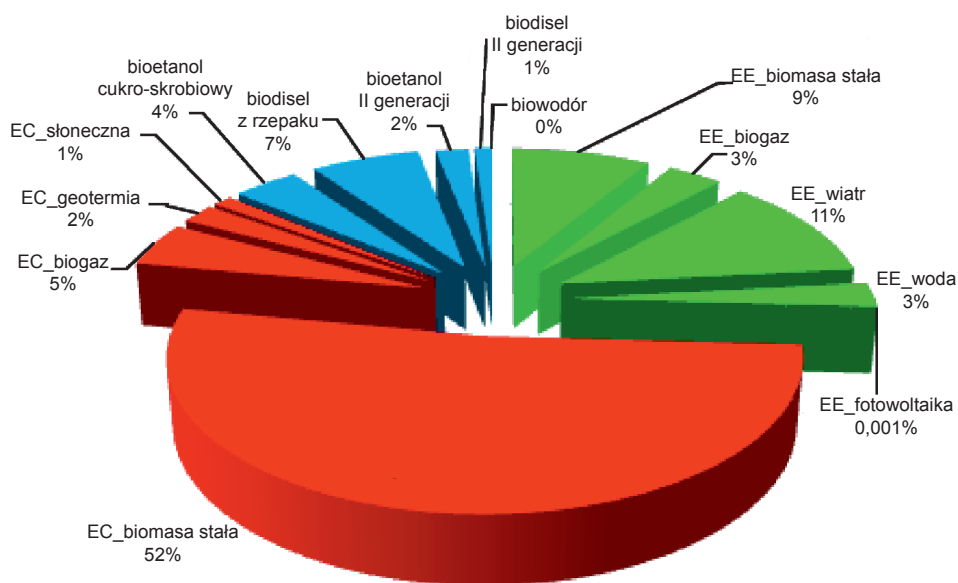
Cele w zakresie wykorzystania OZE

KPD przyjęty został w Polsce w 2010 r. (14) i uzupełniony w 2011 r. (15). Ustalono w nim, że energia wytwarzana z OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie, energetyce oraz transporcie będzie mieć 15,85% udział w końcowym zużyciu energii brutto. Największy udział w realizacji tego celu ma mieć ciepłownictwo i chłodnictwo – 54%, mniejszy transport – 25% i najmniejszy elektroenergetyka – 21%. W pozostałych krajach UE tendencja rozwoju OZE jest inna – większą uwagę skupiają na zwiększeniu produkcji energii ze źródeł odnawialnych w sektorze elektroenergetyki.

Biomasa rolnicza (jeden z głównych surowców energetycznych) wskazywana jest jako źródło największego potencjału energetycznego (10). Ze względu na stopień przetworzenia jej zasoby można podzielić na pierwotne: rośliny energetyczne jednoroczne (zboża, rzepak, buraki cukrowy i pastewny, ziemniak); rośliny energetyczne wieloletnie (wierzba, topola, mискant); biomasa powstała w procesie produkcji rolnej, ale nie mająca wpływu na poziom produkcji żywności (np. słoma zbożowa i rzepakowa); nadwyżki z trwałych użytków zielonych niezagospodarowane przez produkcję zwierzęcą, i wtórne: odpady oraz produkty uboczne z produkcji rolnej i przetwórstwa rolno-spożywczego (np. gliceryna, wywar gorzelniany, odpady poubojowe itp.) (3). Duże znaczenie potencjału biomasy rolniczej w rozwoju bioenergii jest bezsporne, jednakże występują dość istotne rozbieżności dotyczące potencjału jej szacowania (9).

Zasoby biomasy w Polsce są zbliżone do potencjału UE, ale wykorzystanie jest odmienne. Biomasa jest typowo lokalnym paliwem i największe korzyści ekonomiczne i ekologiczne można uzyskać, wykorzystując ją lokalnie jako główne paliwo rozproszonych kogeneracyjnych jednostek wytwórczych energii elektrycznej i ciepła.

Wykorzystanie zasobów biomasy do celów energetycznych uzależnione jest od wielu czynników, między innymi zachęt ekonomicznych czy też rozwoju technologii (2). Głównym źródłem energii z OZE w 2020 r. ma być biomasa (83%) (rys. 1).



Rys. 1. Prognozowane wykorzystanie OZE w Polsce w 2020 r.

Źródło: Ministerstwo Gospodarki (12)

Według oceny Ministerstwa Gospodarki Polska wywiąże się ze zobowiązań dotyczących wykorzystania OZE do 2020 r. (11). Można na tej podstawie domniemywać, że nie przewiduje się korekty prognozowanego zapotrzebowania na biomasę wykorzystywaną na cele energetyczne do 2020 r. (tab. 1). Do tego czasu powinno wzrosnąć, w stosunku do 2006 r., wykorzystanie biomasy produktów rolnych 1,9-krotnie, produktów ubocznych rolnictwa 6,2-krotnie oraz biodegradowalnych odpadów 71,6-krotnie. Przy założonych wzrostach wyprodukowana energia pierwotna z tych źródeł powinna zawierać się w stosunkach 1:1; 1:1,3.

Tabela 1

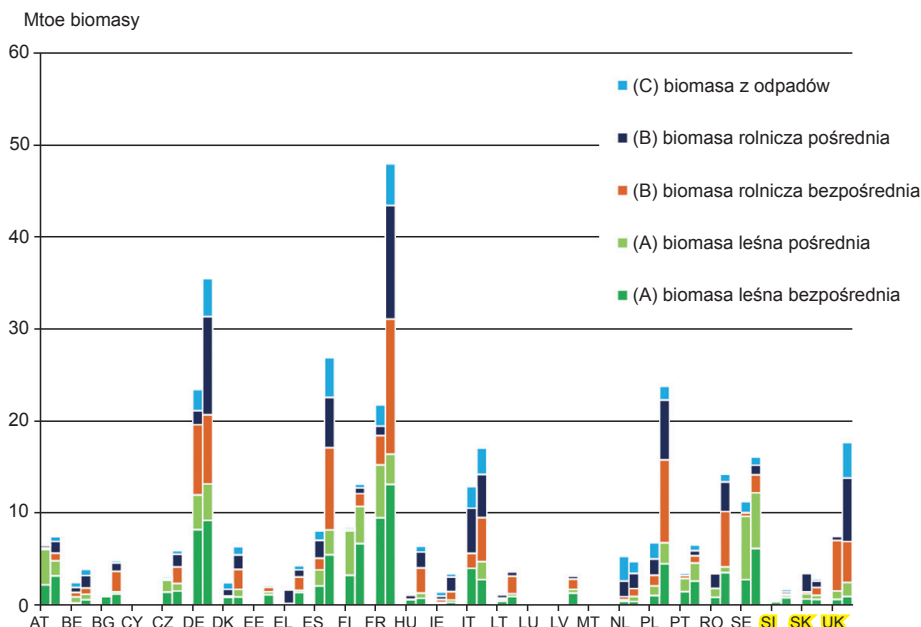
Dostawy biomasy w 2006 r. oraz prognoza krajowych dostaw biomasy w roku 2015 i 2020

Sektor pochodzenia		2006	2015		2020	
		ilość zasobów krajowych (tys. Mg)	przewidywana ilość zasobów krajowych (tys. Mg)	produkcja energii pierwotnej (ktoe)	przewidywana ilość zasobów krajowych (tys. Mg)	produkcja energii pierwotnej (ktoe)
Biomasa z leśnictwa	1. Bezpośrednie dostawy biomasy drzewnej z lasów i innych zalesionych gruntów na potrzeby wytwarzania energii	12493	6411	1071	6081	1016
	2. Pośrednie dostawy biomasy drzewnej na potrzeby wytwarzania energii	5930	5572	931	6375	1065
Biomasa z rolnictwa i rybołówstwa	1. Płody rolne i produkty rybołówstwa dostarczane bezpośrednio na potrzeby wytwarzania energii	2164	1414	405	4056	1162
	2. Produkty uboczne i przetworzone pozostałości rolnictwa oraz produkty uboczne rybołówstwa na potrzeby wytwarzania energii	1200	5690	1358	7428	1773
Biomasa z odpadów	1. Ulegająca biodegradacji część stałych odpadów miejskich, w tym bioodpady (ulegające biodegradacji odpady ogrodowe i parkowe, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, restauracji, placówek zbiorowego żywienia i handlu detalicznego, i porównywalne odpady z zakładów przetwórstwa spożywczego) oraz gaz	89	4339	932	6373	1369

Źródło: Ministerstwo Gospodarki (15)

Ważniejsze uwarunkowania w zakresie energetycznego wykorzystywania biomasy w Unii Europejskiej

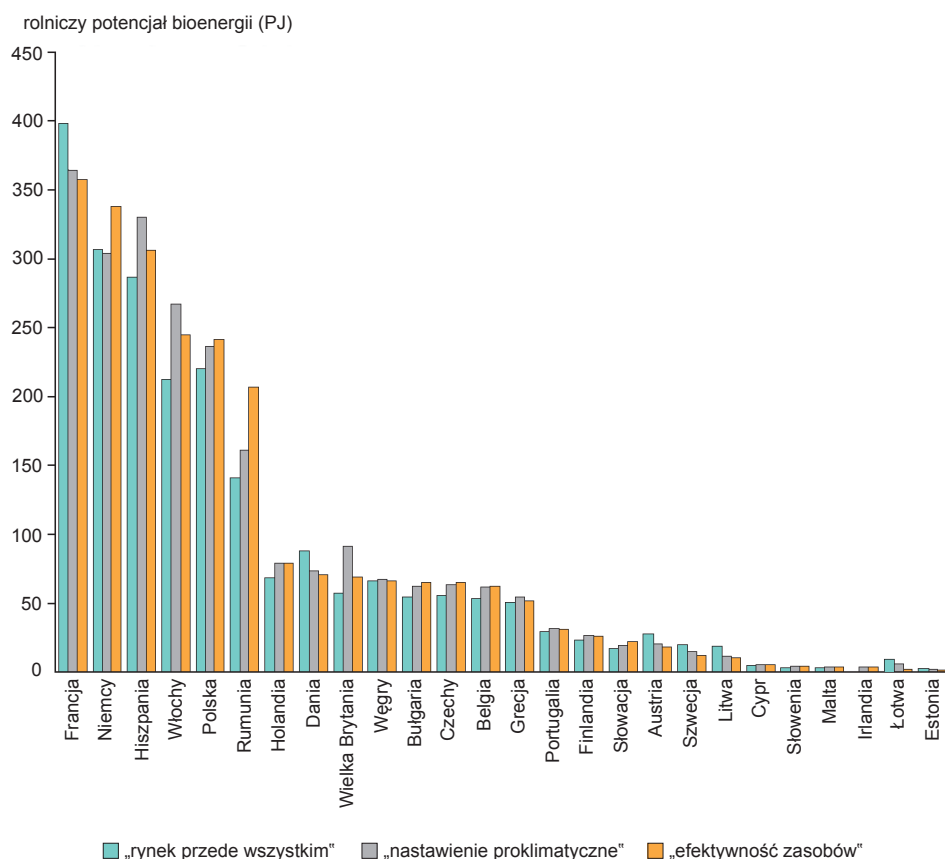
Potencjały biomasy rolniczej, możliwe do wykorzystania w UE, nie są jednoznacznie określone. Na podstawie jednych prognoz potencjały biomasy dla UE-27 w 2020 r. mogą być znacznie większe (280 Mtoe = 11723 PJ) od wykazanych w KPD krajów członkowskich (17) (rys. 2). Polska pod względem całkowitego potencjału dostępnej biomasy lokuje się na czwartym miejscu w UE (ok. 24 Mtoe = 1005 PJ), zaś na trzecim miejscu w posiadanym potencjale biomasy rolniczej. Biomasa rolnicza bezpośrednia (plantacje wieloletnich roślin energetycznych) jest wykorzystywana obecnie w UE w ilościach znikomych. Istniejące powierzchnie wieloletnich plantacji roślin energetycznych wynosiły w 2008 r. 93000 ha (5) (w tym w Polsce ok. 10%) i nie zwiększają się (1). Z analiz ekonomicznych można wnioskować, że taka sytuacja wynika z niskiej opłacalności produkcji biomasy energetycznej w porównaniu z tradycyjnymi uprawami rolnymi, co mogłoby się zmienić przy cenie biomasy rolniczej w UE $\geq 10 \text{ €} \cdot \text{GJ}^{-1}$ (17). W obecnej sytuacji energetyka nie jest skłonna akceptować wzrostu cen biomasy. W perspektywie do 2020 r. może więc ona dążyć do większego wykorzystywania produktów ubocznych rolnictwa i biomasy odpadowej, a więc tańszych asortymentów biomasy rolnej. Polska w tych kategoriach biomasy ma trzecie co do wielkości zasoby w UE.



Rys. 2. Potencjały biomasy wykazane w KPD oraz symulowane przez model Green-X
Źródło: Ragwitz i in., 2012 (17)

Według innych badań wcześniej określony potencjał dostępnej biomasy rolniczej dla UE (4011 PJ) należałoby obniżyć o ponad 40% (6). Przedstawione w cytowanym opracowaniu szacunki potencjałów biomasy oraz ich alokacje nastawione są na poprawę kryteriów środowiskowych produkcji biomasy oraz poprawę efektywności wykorzystywania biomasy i były rozpatrywane dla trzech scenariuszy. Scenariusz „rynek przede wszystkim” zakłada, że rozwój bioenergetyki oraz spełnienie celów ograniczenia emisji GHG pozostawione zostaną relacjom rynkowym (brak nowych interwencji politycznych dotyczących mitygacji zmian klimatu oraz ILUC). Scenariusz „nastawiony proklimatycznie” zakłada wprowadzenie ograniczeń dotyczących lokalizacji produkcji surowców bioenergetycznych, wykluczających produkcję tych surowców, które nie będą zapewniać ograniczenia emisji o 50% w stosunku do paliw konwencjonalnych, dodatkowo wprowadza dolne wielkości cen na surowce bioenergetyczne. Scenariusz „efektywność zasobów” wprowadza wszystkie warunki scenariusza „nastawionego proklimatycznie”, ale nakłada dodatkowo obowiązek 50% redukcji emisji GHG na wszystkie cykle życia biopaliw oraz wprowadza dodatkowo miary polityczne mające zapobiegać negatywnym wpływom produkcji biomasy na zasoby naturalne i bioróżnorodność, jak również miary poprawiające efektywność produkcji bioenergii. Analizy wykonane dla omawianych scenariuszy wykazały, że całkowite potencjały produkcji bioenergii w UE w 2020 r. wynosiłyby odpowiednio dla biomasy rolniczej: 2210; 2357; 2355 PJ i byłyby różne co do wielkości w poszczególnych krajach (rys. 3). W podanych potencjałach biomasa ligninocelulozowa z plantacji wieloletnich stanowiłaby odpowiednio: 395; 633 i 604 PJ, a efektywność jej wykorzystywania kształtowałaby się na poziomach odpowiednio: 4,6; 5,4 i 6,2 MJ·t⁻¹ suchej masy.

Polska według omawianej wyceny zajmowałaby piąte miejsce pod względem potencjału całkowitego bioenergii z rolnictwa, a wprowadzenie ograniczeń klimatycznych i środowiskowych wpłynęłoby na zwiększenie potencjałów. Wielkości potencjałów biomasy dla scenariuszy 2 i 3 różnią się nieznacznie dla całej UE, jednakże ich wykorzystanie miałoby daleko idący wpływ na mix bioenergetyczny oraz emisje GHG powstające w związku z wykorzystywaniem biomasy (tab. 2).



Rys. 3. Całkowity potencjał bioenergii z rolnictwa UE w 2020 r.

Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

Tabela 2

Potencjały bioenergii dla zasobów UE, importu biomasy do UE oraz średnie emisje dla trzech scenariuszy wykorzystywania bioenergii

Biomasa*	Potencjał (PJ)				Emisja GHG (Mt CO ₂ ·eq·GJ ⁻¹)				Średnia emisja (kg CO ₂ ·eq·GJ ⁻¹)			
	EC**	EE	Bpal	R-m	EC	EE	Bpal.	R-m	EC	EE	Bpal	R-m
S1	3692	1753	1219	6664	81	115	97	293	22	65	79	44
S2	3282	2124	492	5898	65	99	22	186	20	47	46	32
S3	2750	2016	556	5322	57	78	-0,1	135	21	39	-0,3	25

* biomasa rolnicza, leśna, odpadowa oraz z importu; S1 – scenariusz „rynek przede wszystkim”; S2 – scenariusz „nastawiony proklamacyjnie”; S3 – scenariusz „efektywność zasobów”

** EC – produkcja energii cieplnej; EE – produkcja energii elektrycznej; Bpal. – produkcja biokomponentów paliwowych

Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

Analiza przedstawionych danych wskazywałaby na to, że w wykorzystywaniu potencjałów biomasy należałoby skupić się przede wszystkim na wysoko efektywnej generacji energii elektrycznej oraz energii cieplnej. Należy przy tym zakładać, że możliwości importu biomasy w ogóle, w tym również na rzecz wymienionych generacji energii, będą się zmniejszać (tab. 3).

Tabela 3

Dostępność źródeł bioenergii z importu do UE

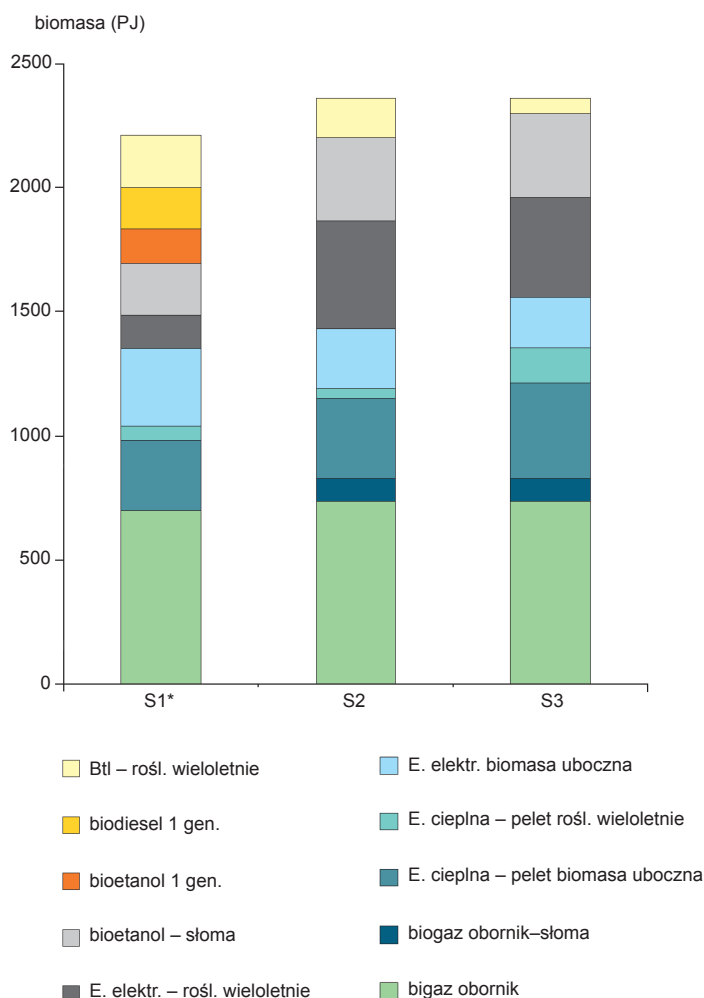
	S1*	S2	S3
Dostępność biomasy z importu (PJ)	19785	10837	7393
Udział źródeł			
Biomasa rolnicza	0,63	0,63	0,63
Biomasa leśna oraz wieloletnia	0,12	0,12	0,12
Biomasa uboczna z rolnictwa	0,09	0,09	0,09
Biomasa odpadowa	0,12	0,09	0,04
Dostępność wg źródeł			
Biomasa rolnicza (PJ)	12465	6872	4658
Biomasa leśna i plantacji wieloletnich (PJ)	2374	1300	887
Biomasa rolnicza z produktów ubocznych (PJ)	1781	975	665
Biomasa odpadowa (PJ)	2374	975	296
R-m dostępność biomasy (PJ)	18994	10078	6506

* S1 – scenariusz „rynek przede wszystkim”; S2 – scenariusz „nastawiony proklimatycznie”; S3 – scenariusz „efektywność zasobów”

Źródło: ETC/SIA, 2013 (5)

Przedstawione dane sugerowałyby, że celowym byłoby skupienie się na wykorzystywaniu krajowych źródeł bioenergii, zwłaszcza najtańszych zasobów, którymi są uboczna biomasa rolna, biomasa odpadowa i odpady biodegradowalne. W przypadku biomasy ubocznej z rolnictwa będzie to możliwe do 2020 r. Po tym roku zasoby ubocznej biomasy rolniczej dostępne dla energetyki mogą się zmniejszyć wskutek nałożenia na rolnictwo obligatoryjnych celów ograniczenia emisji GHG.

Prognozowana alokacja biomasy pomiędzy poszczególne generacje energii miałyby polegać w nieodległej przyszłości na eliminacji produkcji biopaliw I generacji (biodiesla i bioetanolu), na rzecz rozwoju paliw II generacji oraz zwiększenia wykorzystania biomasy w wysokosprawnej generacji i kogeneracji energii cieplnej i elektrycznej (rys. 4).

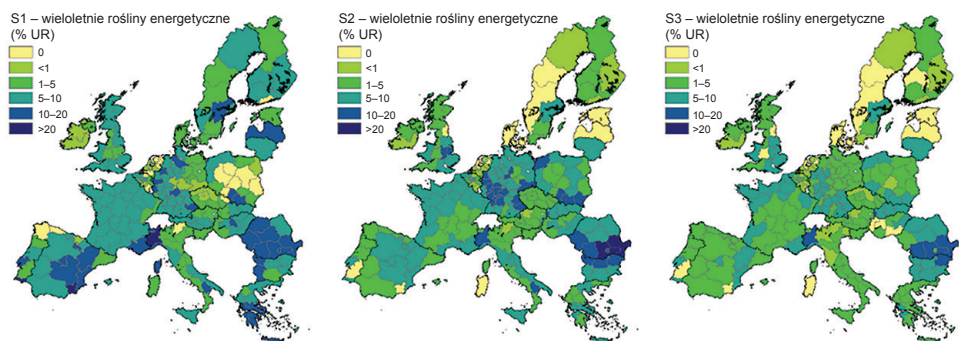


* S1 – scenariusz „rynek przede wszystkim”; S2 – scenariusz „nastawiony proklimatycznie”; S3 – scenariusz „efektywność zasobów”

Rys. 4. Rozdysponowanie potencjałów bioenergii w 2020 r.

Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

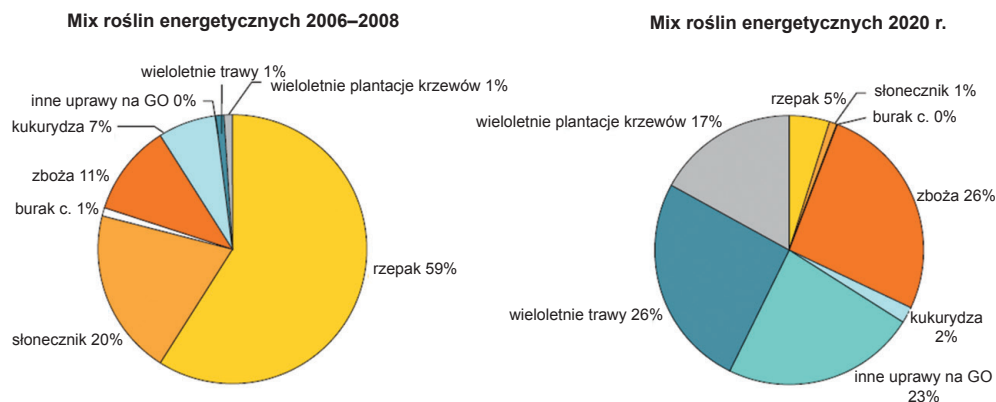
Jeśli przyjąć, że opisywane scenariusze będą realizowane, to ich skutkiem byłoby przeznaczenie pod produkcję roślin energetycznych znaczących ilości użytków rolnych (rys. 5).



Rys. 5. Procent powierzchni użytków rolnych niezbędnych do produkcji biomasy ligninocelulozowej na wieloletnich plantacjach roślin energetycznych do 2020 r.

Źródło: ETC/SIA (5)

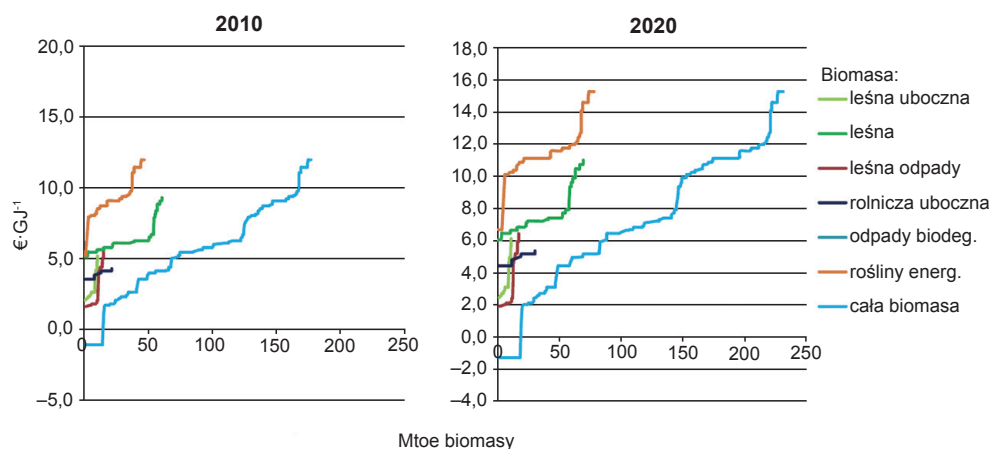
Taka alokacja wpłynęłaby w sposób znaczący na mix roślin energetycznych pochodzących z rolnictwa UE (rys. 6).



Rys. 6. Mix roślin energetycznych z rolnictwa UE w latach 2006–2008 oraz prognoza dla 2020 r.
 Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

Prognozowane zmiany w uprawie roślin energetycznych są pochodną zakładanych zmian w generacji energii. Pociągną one za sobą dość znaczące zmiany kosztów zaopatrzenia w biomasę (rys. 7).

Z przedstawionych na rysunku 7 krzywych wynikałoby, że przy kosztach poniżej $8 \text{ €} \cdot \text{GJ}^{-1}$, które są zakładanymi kosztami importu biomasy spoza UE, w 2020 r. możliwe będzie wykorzystanie ok. 57% potencjału biomasy UE-27. Raz jeszcze podkreślić trzeba, że najtańszym źródłem biomasy będzie ta pochodząca z odpadów biodegradowalnych oraz ubocznych produktów rolniczych.



Rys. 7. Krzywe koszt-zaopatrzenie w biomasę według modelu Green-X

Źródło: Ragwitz i in., 2012 (17)

Uwarunkowania w zakresie energetycznego wykorzystywania biomasy w Polsce

Opisywane wyżej scenariusze wykorzystywania biomasy dotyczą nieodległej przyszłości, jednak póki co wykorzystywanie bioenergii z biomasy w EU i Polsce podlega dyktatowi cenowemu, który kreowany jest przez podmioty przekształcające biomasę w energię. W Polsce powoduje to, że w UE lokujemy się na szóstym miejscu w wykorzystywaniu energii z biomasy i odpadów biodegradowalnych (udział OZE w generowanej energii wynosi 7,95%, w tym biomasa 7,45%).

W 2013 r. doszło w Polsce do znaczących zmian w zakresie wykorzystywania biomasy do generacji energii elektrycznej. Ilość energii elektrycznej wyprodukowanej z biomasy w 2013 r., od stycznia do listopada, wynosiła 3,5 TWh, w stosunku do 6,7 TWh w analogicznym okresie 2012 r. W tym czasie zanotowano wzrost generacji w blokach dedykowanych na biomasę o 1,8 TWh (z 0,7 TWh w 2012 r. do 2,5 TWh w 2013 r.). Generalnie jednak ilości wykorzystywanej biomasy w 2013 r. w elektroenergetyce zmalały do 66 TJ w stosunku do 83 TJ w 2012 r. Jednocześnie w związku z zawirowaniami z umarzaniem zielonych certyfikatów oraz cenami świadectw pochodzenia ceny zakupu biomasy znacznie spadły. Na początku 2014 r. były one niższe o ok. 25–30% dla biomasy leśnej oraz ok. 20–25% dla peletów i brykietów w porównaniu z poziomem cen notowanym rok temu. Sytuacja ta nie jest dobrym prognozykiem rozwoju pozyskiwania biomasy leśnej oraz produkcji biomasy rolnej.

Podsumowanie

W nieodległej przyszłości należy spodziewać się zasadniczych korekt polityk energetycznego wykorzystywania biomasy na cele energetyczne. W związku z tym w planowaniu wykorzystywania biomasy trzy rodzaje kryteriów powinny być szczególnie wnikliwie analizowane: efektywność wykorzystywania biomasy, ograniczenie emisji GHG oraz koszty produkcji biomasy. Im szybciej zostanie wykonana korekta strategii wykorzystywania biomasy, tym mniejsze będą problemy z realizacją celów przyszłych regulacji w tym zakresie. Tezę tę uprawdopodobniają na przykład starania Niemiec, które są liderem w zakresie wykorzystywania OZE w Unii Europejskiej. Obecna koalicja rządowa, zwłaszcza Socjaldemokraci, projektują i negocjują reformę wykorzystywania OZE, która ma polegać między innymi na ograniczeniu generacji energii elektrycznej na farmach wiatrowych oraz wykorzystywaniu do generacji energii głównie biomasy ubocznej oraz odpadów biodegradowalnych. Jeśli kraj stosunkowo bogaty rozważa takie reformy, to krajom mniej zamożnym nie pozostaje nic innego, jak je wprowadzić.

Literatura

1. AEBIOM. European bioenergy outlook 2013. Statistical Report. 2013.
2. Bielski S.: Produkcja surowców energetycznych w Polsce w kontekście Wspólnej Polityki Rolnej. Polityki Europejskie, Finanse i Marketing, 2012, **8**: 47-59.
3. Bielski S., Mark-Bielska R.: Wzrost roli rolnictwa w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego kraju. *Więś i Rolnictwo*, 2013, **4(161)**: 149-160.
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L140/16, 5.6.2009, PL, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pl:PDF>; 08. 07. 2014.
5. ETC/SIA. Review of the EU bioenergy potential from a resource efficiency perspective. Background report to EEA study. Alterra, Wageningen 2013.
6. European Environment Agency. EU bioenergy potential from a resource-efficiency perspective. EEA Report, 2013, 6, s. 62.
7. Faber A.: Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię odnawialną a wykorzystanie ziemi w Polsce do 2030 roku. VIII Konferencja „Racjonalne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii”, MODR, Płońsk 2009, 17-23.
8. Faber A., Pudełko R., Borek R., Borzecka-Walker M., Syp A., Krasuska E., Mathiou P.: Economic potential of perennial energy crops in Poland. *J. Food Agric. Environ.*, 2012, **10 (3&4)**: 1178-1182.
9. Gajewski R.: Potencjał rynkowy biomasy z przeznaczeniem na cele energetyczne. *Czysta Energia*, 2011, **1**: 22-24.

10. Graczyk A.: Przedsięwzięcia unijne i polskie wspomagające rozwój, produkcję energii odnawialnej i biopaliw z biomasy. W: *Rozwój zrównoważony teoria i praktyka ze szczególnym uwzględnieniem obszarów wiejskich*, B. Fiedor i R. Jończyk (red.). Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2009, 220-231.
11. Graczyk M.: *Odnawialne Źródła Energii – szanse i koszty*, 2014 (http://www.euractiv.pl/gospodarka/spis_linie/odnawialne-roda-energii--szanse-i-koszty-000020)
12. Kuś J., Faber A.: Produkcja roślinna na cele energetyczne a racjonalne wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej. I Kongres Nauk Rolniczych, Nauka Praktyce, Puławy 2009, 61-75.
13. Ministerstwo Gospodarki: *Polityka energetyczna Polski do 2030 r.* 2009.
14. Ministerstwo Gospodarki: *Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych.* 2010.
15. Ministerstwo Gospodarki: *Uzupełnienie do Krajowego Planu Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych.* 2011.
16. Rozakis S., Kremmys D., Pudelko R., Borzęcka-Walker M., Faber A.: *Straw potential for energy purposes in Poland and optimal allocation to major co-firing power plants. Biomass Bioenerg.*, 2013, 275-285.
17. Ragwitz M., Steinhilber S., Breitschopf B. et al.: *RE-Shaping: Shaping an effective and efficient European renewable energy market. D23 Final Report. Intelligent Energy – Europe, ALTENER*, 2012.
18. *Ustawa o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. RP z dnia 26 lipca 2013 r., poz. 984.*

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Antoni Faber
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 47 86 767
e-mail: faber@iung.pulawy.pl

Alina Bochniarz

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

NIEKREŚLANKA WIERZBÓWKA W UPRAWACH WIERZBY ENERGETYCZNEJ*

Słowa kluczowe: niekreślanka wierzbówka, szkodnik, wierzba, biomasa, uprawy energetyczne

Wstęp

Motyle są najliczniejszą gatunkowo grupą owadów spotykanych na roślinach wierzby (12). Ich gąsienice najczęściej uszkadzają liście, niektóre żerują wewnątrz pędów. W przypadku masowego wystąpienia na plantacjach produkcyjnych mogą być przyczyną istotnych ekonomicznie strat. Potencjalnie najgroźniejsze są gatunki, dla których wierzba jest jedyną lub podstawową rośliną żywicielską. Należy do nich niekreślanka wierzbówka (*Earias clorana* L.) z rodziny rezeliiowatych (*Nolidae*).

Celem pracy jest przedstawienie podstawowych informacji dotyczących szkodliwości niekreślanki wierzbówki i przydatnych w monitorowaniu jej obecności w uprawach. Zaprezentowane dane pochodzą z literatury i obserwacji własnych poczynionych na eksperymentalnej plantacji wierzby, użytkowanej w cyklu jednorocznym, w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB Osiny w latach 2013–2015.

Charakterystyka gatunku

Niekreślanka wierzbówka jest gatunkiem euroazjatyckim (1), w Polsce występuje na całym terytorium (2). Żeruje tylko na roślinach z rodzaju *Salix*, omija wierzbę amerykańkę (*S. cordata* Americana) (11). Preferuje wierzby wąskolistne, w tym *S. viminalis* (konopiankę) (9), często wybieraną do uprawy na cele energetyczne. W tej grupie gatunków młode listki długo pozostają skupione w pąku wierzchołkowym, ułatwiając zasiedlenie pędów przez larwy. Niekreślanka w warunkach naturalnych jest spotykana

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 4.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

tam, gdzie roślina żywicielska, a więc np. w wilgotnych dolinach rzek, bagiennych lasach, łęgach nadrzecznych (5), w okolicach rowów melioracyjnych. Dobrze zaaklimatyzowała się w uprawach wierzby, zasiedla już nawet młode, jednoroczne plantacje. Z reguły w jednym roku wykształcają się dwa pokolenia tego owada. Pojawy są jednak nierównomierne, w pełni wegetacji można spotkać na roślinach jednocześnie gąsienice należące do różnych generacji. Zimują poczwarki, zwykle motyle pierwszego pokolenia pojawiają się wiosną, na początku maja, drugiego – od połowy lipca (1).

Owad doskonały jest niewielkim motylem (rozpiętość skrzydeł dochodzi do 24 mm, a długość ciała do 9 mm) (fot. 1). Przednia para skrzydeł jest zielona z jasnym obrzeżeniem, tylne skrzydła, w spoczynku niewidoczne, są białe. Białego koloru jest również głowa i odwłok, natomiast tułów ma odcień zielonkawy (1).



Fot. 1. Niekreślanka wierzbówka (A. Bochniarz)

Motyle w dzień niechętnie latają, najczęściej przebywają na wierzchołkowych liściach i gałązkach (3). Ich ochronne zielone ubarwienie sprawia, że są praktycznie niewidoczne. Większą aktywność wykazują po zmroku, wtedy też dochodzi do kopulacji i składania jaj (3).

Jaja są umieszczane pojedynczo lub po kilka w pobliżu wierzchołków pędów – na liściach, łodygach, pąkach. Są trudne do zauważenia – bardzo małe, o średnicy nie przekraczającej 0,75 mm (3). Mają kulisty, lekko spłaszczony kształt. Od wgłębienia na górnym biegunie jaja promieniście rozchodzą się liczne żeberka chorionu. Początkowo jaja są jasnozielone, później zmieniają kolor na jasnobrązowy (1).

Gąsienice wylęgają się po 4–9-dniowej inkubacji (3). Larwa niekreślanki wierzbówki ma ciemną głowę, na przedtułowiu znajduje się brunatna, jasno obrzeżona, rozdzielona na środku tarczka. Gąsienica ma 3 pary brunatnoszarych odnóży tułowiowych i 5 par nieco jaśniejszych posuwek. Na ciele są widoczne rzadkie, ciemne włoski. Larwa z wiekiem zmienia barwę. Bezpośrednio po wyjściu z jaja gąsienice są miodowe, potem stają się ciemnobrunatne. W miarę rozwoju jaśnieją i przybierają barwę kremową, zielonkawą, jasnobrązową, różowawą (9). Na grzbiecie już od wczesnych stadiów widać charakterystyczny jasny pas zwężający się na tułowiu oraz na początku i końcu odwłoka. Wzdłuż przez jego środek przebiega cienka, ciemna linia grzbietowa (fot. 2).



Fot. 2. Gąsienica niekreślanki wierzbówki (A. Bochniarz)

Gąsienice przebywają przez większość czasu w charakterystycznych żerowiskach. Tworzą je, ściśle owijając przędzą najmłodsze, jeszcze nie odgięte liście okrywające wierzchołek pędu, potem mogą dołączać do tak utworzonego zwitka dodatkowe liście. Gąsienice zjadają blaszki i ogonki wewnętrznych liści tworzących schronienie, wygryzają nieregularne dziury w szczytowej części pędu, często uszkadzają pąk wierzchołkowy. Charakterystyczne zwitki są dobrym wskaźnikiem obecności niekreślanki wierzbówki na plantacji. W miarę rozwoju rośliny zmieniają kształt – początkowo są prostym przedłużeniem pędu (a), następnie odginają się na bok (b), a potem, zwykle już opuszczone przez gąsienicę, rozluźniają się, chociaż blaszki liściowe jeszcze przez długi czas mogą być na krótkim odcinku w pobliżu wierzchołka ściągnięte przędzą (c) (fot. 3). Zwitki wytworzone pod koniec wegetacji pozostają proste.



Fot. 3. Formy przybierane przez żerowiska niekreśłanki wierzbówki po różnym czasie od utworzenia zwitka (A. Bochniarz)

W jednym zwitku może żerować kilka gąsienic, często w różnym wieku, co sugeruje, że już wytworzone zwitki zasiedlane są ponownie przez młodsze larwy. Jedna gąsienica może utworzyć kilka zwitków. Często opuszcza żerowisko między luźniejszymi liśćmi lub przez specjalnie wygryzione otworki w najbardziej zwartej jego części. Okrążając zwitek, wzmacnia konstrukcję nowymi zwojami przędzy. Z łatwością porusza się po pędach. Zaniepokojona potrafi uciekać, zwieszając się na nitce. Gąsienice przechodzą 4 stadia rozwojowe, żerowanie między kolejnymi liniami trwa, w zależności od warunków, od kilku do kilkunastu dni (6). Po pewnym czasie zwitek jest wypełniony granulcowatymi, beżowymi odchodami i resztkami pogryzionych i zaschniętych liści (fot. 4). Dojrzałe gąsienice tworzą poczwarki.



Fot. 4. Wnętrze żerowiska niekreślanki wierzbówki (A. Bochniarz)

Poczwarka jest niewielka, ma około 1 cm długości. W części grzbietowej jest ciemnobrunatna, od strony brzusznej żółtawa, niebieskawo opylona. Jest ukryta w średniozwięzłym kokonie o kształcie odwróconej łodzi, początkowo jasnym, potem ciemniejącym do barwy brązowej lub rdzawej. Kokony przyczepiane są do łodyg i liści wierzb lub podszytu. Dla I generacji to stadium trwa ok. 6–18 dni, poczwarki II generacji zwykle zimują (6).

Szkodliwość

Reakcja rośliny na żerowanie niekreślanki wierzbówki jest najsilniejsza w fazie najintensywniejszego rozwoju (4) i zależy od stopnia uszkodzenia pędu. Jeżeli stółek wzrostu nie został zniszczony, pęd rośnie dalej i żerowisko zostaje zepchnięte na bok. Jednak najczęściej pąk wierzchołkowy jest w znacznym stopniu uszkodzony

i wzrost pędu zostaje silnie zahamowany. Ograniczenie dominacji wierzchołkowej powoduje uaktywnienie kilku–kilkunastu pąków poniżej żerowiska i wyrastanie pędów bocznych. Zamiast długiego, prostego pędu otrzymuje się miotłkowate skupienia cienkich gałązek (fot. 5). Pędy główne zaatakowane w późniejszym okresie wegetacji reagują słabiej, najczęściej rolę uszkodzonego wierzchołka przejmuje najbliższy pąk boczny, poniżej na odcinku ok. 20 cm wykształca się kilka krótkich gałązek. Podobne skutki powoduje zaatakowanie bocznych gałęzi starszych wierzb. Żerowanie na drobnych pędach bocznych, zachodzące zwykle pod koniec wegetacji, nie powoduje ich rozgałęziania.



Fot. 5. Miotlastość pędu wierzby (A. Bochniarz)

Żerowanie larw niekreślanki wierzbówki na roślinach wierzby prowadzi do zmniejszenia przyrostów i plonu biomasy (10) na skutek zahamowania wzrostu pędu i ograniczenia powierzchni asymilacyjnej liści. Wielkość strat zależy od okresu wegetacji i liczby uszkodzonych pędów. W literaturze są doniesienia o spadkach plonów przekraczających 30% (10).

Szacuje się, że zaatakowane pędy są o 30% krótsze (4). Wewnętrzne liście skupione w zwitku są zwykle zniszczone, a pozostałe nie wykorzystują całej powierzchni do fotosyntezy. Ich blaszki często są silnie pofałdowane i kruche, bardzo łatwo ulegają uszkodzeniom mechanicznym. Miotlastość pędów powoduje trudności w zrębkowaniu surowca. Cienkie gałązki, szczególnie w przypadku urządzeń o mniejszej mocy, zapychają elementy tnące. Zamiast pociętych równych kawałków uzyskuje się splątaną włóknistą masę (fot. 6), która utrudnia składowanie, transport i wykorzystanie produktu. Dodatkowo takie pędy są bezwartościowe jako materiał reprodukcyjny, gdyż do produkcji sadzonek używane są pędy jednoroczne proste, grube i dobrze wykształcone (4).



Fot. 6. Efekt zrębkowania cienkich (a) i grubych (b) pędów wierzby (A. Bochniarz)

Zwalczanie

Obecnie nie ma zarejestrowanych środków chemicznych dopuszczonych do stosowania w celu zwalczania niekreślanki wierzbówki na plantacjach energetycznych (8). W doświadczeniach stwierdzono przydatność do tego celu substancji z grupy pyretroidów (10). Ewentualne metody chemiczne powinny uwzględniać specyfikę żerowania larw, nieregularność pojawów i progi szkodliwości niekreślanki. Ich zastosowanie jest ograniczone sprzętowo do momentu, kiedy rośliny osiągną 1,5–2 m wysokości (8).

W ochronie wierzby przed szkodnikami na monokulturowych plantacjach energetycznych zaleca się stosowanie mieszanek gatunków/odmian/klonów wierzby charakteryzujących się naturalną odpornością na ich atak (11). Wiadomo, że rośliny różnią się podatnością na żerowanie larw niekreślanki wierzbówki (7), co zależy prawdopodobnie od rytmu rozwoju i budowy pąka wierzchołkowego.

Przyjmuje się, że w uprawach wieloletnich aktywność wrogów naturalnych skutecznie stabilizuje populacje szkodników na bezpiecznym poziomie. Nie wiadomo, jakie mechanizmy obronne wykształciła niekreślanka wierzbówka i czy, podobnie jak niektóre chrząszcze i błonkówki, wykorzystuje w nich substancje pozyskane z rośliny żywicielskiej. Można przypuszczać, że w różnych stadiach rozwojowych jest atakowana przez drapieżne chrząszcze i pluskwiaki, pająki, owadożerne płazy, gady, ptaki i ssaki. Stwierdzono, że jest żywicielem pasożytniczych błonkówek z rodziny gąsienicznikowatych i męczelkowatych (3, 9). Prawdopodobnie larwy niekreślanki, podobnie jak innych motyli, atakowane są przez chorobotwórcze wirusy, bakterie i grzyby. Może temu sprzyjać specyficzny mikroklimat wewnątrz zwitków. Pod koniec wegetacji w żerowiskach często spotyka się gąsienice z objawami chorób i spasożyтовania (fot. 7) lub kokony pasożytniczych błonkówek. W przypadku niekreślanki czynnikiem ograniczającym wzrost populacji może być również konkurencja wewnątrzgatunkowa – jedna samica może złożyć 70–80 jaj (3), ale rozwój larw jest limitowany przez ilość pędów możliwych do zasiedlenia.



Fot. 7. Larwa pasożytniczej błonkówki opuszczająca ciało niekreślanki wierzbówki (A. Bochniarz)

Podsumowanie

Rozwój plantacji monokulturowych zawsze prowadzi do zwiększenia presji szkodników. W przypadku uprawy wierzbzy na cele energetyczne do znaczących strat może prowadzić żerowanie larw niekreślanki wierzbówki. Ograniczenia prawne uniemożliwiają obecnie jej chemiczne zwalczanie, stosowanie insektycydów byłoby również trudne technicznie. Zgromadzenie informacji o biologii owada i jego interakcjach z otoczeniem w specyficznych warunkach plantacji energetycznych może być pod-

stawą do opracowania skuteczniejszych sposobów kontroli jego występowania, szczególnie z wykorzystaniem metod prewencyjnych, niewywierających szkodliwego wpływu na środowisko.

Literatura

1. Buszko J., Masłowski J.: Motyle nocne Polski. Macrolepidoptera: Część I. Lasiocampidae, Endormidae, Lemoniidae, Saturniidae, Sphingidae, Traumatopoeidae, Notodontidae, Lymantriidae, Pantheidae, Nolidae, Arctiidae. Wyd. Koliber, Nowy Sącz 2012.
2. Buszko J., Nowacki J.: The Lepidoptera of Poland. A distributional checklist. Polskie Towarzystwo Entomologiczne, Poznań, Toruń, Polish Entomological Monographs, 2000, 1.
3. Cavalli L.M.: Contributo alla conoscenza dell'*Earias chlorana* L. (*Lepidoptera-Noctuidae*). Pontificia Academia Scientiarum, Acta, 1957, **16(12)**: 103-122.
4. Czerniakowski Z.W.: Szkodliwe owady w matecznikach wierzby energetycznej. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2005, **45(1)**: 77-81.
5. Jaśkiewicz B., Górską-Drabik E., Golan K.: Szkodniki zagrażające uprawom wierzby wiciowej (*Salix viminalis*). Ochrona Roślin, 2004, **49(1)**: 24-25.
6. Kurir A.: Beitrag zur Biologie und Taxonomie der Weidenkahneule (*Earias chlorana* L.). Z. Angew. Entomol., 1968, **61(1-4)**: 298-344.
7. Nijak K.: Gatunki owadów zasiedlających różne odmiany i klony wierzby energetycznej – potencjalne zagrożenie w ochronie upraw. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2011, **51(4)**: 1563-1566.
8. Remlein-Starosta D., Mrówczyński M. (red.): Metodyka integrowanej ochrony wierzb krzewiastych dla producentów biomasy. IOR-PIB, Poznań 2013.
9. Schneider Z.: Metody zwalczania Niekreślanki wierzbówki (*Earias chlorana* L. – *Noctuidae* – *Lepidoptera*). IBL, Warszawa 1967.
10. Sulewska H., Śmiatacz K., Panasiewicz K., Szymańska G., Koziara W.: Evaluation of damage and control of cream-bordered green pea (*Earias chlorana* Hübner) caterpillars in a 4-year old plantation of common willow (*Salix viminalis* L.). Zemdirbyste-Agriculture, 2013, **100(1)**: 99-104.
11. Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.: Wierzba energetyczna. Wyd. Plantpress, Kraków 2006.
12. Wrzesińska D., Wawrzyniak M.: Motyle (Lepidoptera) zasiedlające plantacje wierzby wiciowej (*Salix viminalis*). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2012, **52(2)**: 248-251.

Adres do korespondencji:

dr Alina Bochniarz
Dział Upowszechniania i Wydawnictw
IUNG-PIB
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 47 86 726
e-mail: aboch@iung.pulawy.pl

W serii wydawniczej „RAPORTY PIB”, a od 2007 r. „STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB” ukazały się następujące pozycje:

1. *Wybrane aspekty agrochemicznych badań gleby*. Puławy, 2006.
2. *Zasady wprowadzania nawozów do obrotu*. Puławy, 2006.
3. *Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2006.
4. *Monitoring skutków środowiskowych planu rozwoju obszarów wiejskich*. Puławy, 2007.
5. *Sprawdzenie przydatności wskaźników do oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach i województwach*. Puławy, 2007.
6. *Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Puławy, 2007.
7. *Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych*. Puławy, 2007.
8. *Efektywne i bezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli*. Puławy, 2007.
9. *Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej*. Puławy, 2007.
10. *Problem erozji gleb w procesie przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2008.
11. *Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*. Puławy, 2008.
12. *Wybrane zagadnienia systemów informacji przestrzennej i obszarów problemowych rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2008.
13. *Tworzenie postępu biologicznego w hodowli tytoniu i chmielu*. Puławy, 2008.
14. *Kierunki zmian w produkcji roślinnej w Polsce do roku 2020*. Puławy, 2009.
15. *Wybrane elementy regionalnego zróżnicowania rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2009.
16. *Systemy wspomagania decyzji w zrównoważonej produkcji roślinnej*. Puławy, 2009.
17. *Stan i kierunki zmian w produkcji rolniczej (wybrane zagadnienia)*. Puławy, 2009.
18. *Produkcyjne i środowiskowe aspekty współczesnych metod nawożenia i regulacji zachwaszczenia*. Puławy, 2009.
19. *Oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze w warunkach zmian klimatu*. Puławy, 2010.
20. *Ocena zrównoważenia gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach, powiatach i województwach*. Puławy, 2010.
21. *Możliwości rozwoju obszarów problemowych rolnictwa (OPR) w świetle PROW 2007–2013*. Puławy, 2010.
22. *Możliwości rozwoju gospodarstw o różnych kierunkach produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2010.
23. *Związki fitogeniczne jako naturalna alternatywa antybiotykowych promotorów wzrostu*. Puławy, 2010.
24. *Wybrane aspekty przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2010.
25. *Stan obecny i perspektywy nawożenia roślin w Polsce w aspekcie regulacji prawnych*. Puławy, 2010.
26. *Stan obecny i perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Puławy, 2010.
- 27(1). *Środowiskowe skutki działalności rolniczej i wdrażania PROW na obszarach problemowych rolnictwa*. Puławy, 2011.

- 28(2).** *Techniki i technologie stosowane w produkcji roślinnej a środowisko przyrodnicze.* Puławy, 2012.
- 29(3).** *Problemy zrównoważonego gospodarowania w produkcji rolniczej.* Puławy, 2012.
- 30(4).** *Doskonalenie integrowanych technologii produkcji zbóż jarych i roślin pastewnych ze szczególnym uwzględnieniem początkowych elementów agrotechniki.* Puławy, 2012.
- 31(5).** *Rola badań naukowych w kształtowaniu postępu w produkcji chmielu i tytoniu.* Puławy, 2012.
- 32(6).** *Wybrane aspekty zrównoważonego rozwoju i specjalizacji gospodarstw rolniczych.* Puławy, 2013
- 33(7).** *Działalność Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-PIB w Puławach w zakresie wspierania doradztwa i praktyki rolniczej.* Puławy, 2013.
- 34(8).** *Problemy gospodarki nawozowej w Polsce.* Puławy, 2013.
- 35(9).** *Zagrożenia dla prawidłowego funkcjonowania gleb użytkowanych rolniczo – wybrane zagadnienia.* Puławy, 2013.
- 36(10).** *Zmiany w technologiach produkcji roślinnej – oceny i wpływ na środowisko rolnicze.* Puławy, 2014.
- 37(11).** *Dobre praktyki w nawożeniu.* Puławy, 2014.
- 38(12).** *Jakość informacji w systemach wspomagania decyzji.* Puławy, 2014.
- 39(13).** *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii pochodzenia rolniczego i ich wpływ na środowisko.* Puławy, 2014.
- 40(14).** *Wybrane problemy rolnictwa polskiego z uwzględnieniem stanu jego zrównoważenia.* Puławy, 2014.
- 41(15).** *Technologie produkcji zbóż i roślin pastewnych warunkujące wysoki plon i dobrą jakość.* Puławy, 2014.
- 42(16).** *Podstawy nowoczesnego doradztwa nawozowego w Polsce.* Puławy, 2015.
- 43(17).** *Wybrane problemy produkcji rolniczej z uwzględnieniem aspektu dóbr publicznych.* Puławy, 2015.

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej „**STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB**” publikowane są recenzowane prace z zakresu agronomii oraz ochrony i kształtowania środowiska rolniczego, wykonane w ramach zadań programów wieloletnich pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej” (2005-2010) oraz „Wspieranie działań w zakresie kształtowania środowiska rolniczego i zrównoważonego rozwoju produkcji rolniczej w Polsce” (2011-2015). W zeszytach problemowych o charakterze monografii, wydawanych w ramach tej serii, mogą być zamieszczane również prace autorów spoza IUNG-PIB, które merytorycznie mieszczą się w tematyce zadań programu wieloletniego. **Publikowane są prace problemowe, głównie mające charakter przeglądowy, z podkreśleniem znaczenia omawianych zagadnień dla rolnictwa polskiego.**

Wydruk tekstu do recenzji:

czcionka 12 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: słowa kluczowe, wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie lub wnioski, literatura

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- pod tabelą przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiały w zakresie 13 cm × 19 cm
- w podpisach czcionka 9 p.
- na płycie lub innym nośniku w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t·ha⁻¹)

literatura

- spis literatury na końcu pracy w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony,
- cytowanie w tekście – jako numer pozycji ze spisu literatury (w nawiasach okrągłych) lub dodatkowo z nazwiskiem autora (pismo rozstrzelone).

Pracę do recenzji należy złożyć w 1 egzemplarzu. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany złożyć/przesłać do Redakcji, a ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, przesłać e-mailem.

Dane kontaktowe:

mgr Katarzyna Mikulska

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

e-mail: kmikulska@iung.pulawy.pl