INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

61(15)

WYBRANE ZAGADNIENIA AGROTECHNIKI ROŚLIN UPRAWNYCH

PROGRAM WIELOLETNI
2016-2020

WSPIERANIE DZIAŁAŃ W ZAKRESIE OCHRONY
I RACJONALNEGO WYKORZYSTANIA
ROLNICZEJ PRZESTRZENI PRODUKCYJNEJ W POLSCE
ORAZ KSZTAŁTOWANIA JAKOŚCI SUROWCÓW ROŚLINNYCH

Puławy 2020

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Wiesław Oleszek*

Redakcja naukowa:
prof. dr hab. Janusz Podleśny

Autorzy:

dr Jolanta Bojarszczuk, mgr Katarzyna Czopek,
prof. dr hab. Krzysztof Domaradzki, dr hab. Jerzy Grabiński, prof. IUNG-PIB;
dr Renata Kieloch, Sławomir Pękala,
dr hab. Anna Podleśna, prof. IUNG-PIB; prof. dr hab. Janusz Podleśny,
mgr Karolina Smytkiewicz, prof. dr hab. Mariola Staniak, dr Marta Wyzińska,

Recenzenci:

dr Jolanta Bojarszczuk, dr hab. Jerzy Grabiński, prof. IUNG-PIB;
prof. dr hab.Bogdan Kulig, dr hab. Anna Podleśna, prof. IUNG-PIB;
prof. dr hab. Janusz Podleśny, dr hab. Alicja Sułek

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *mgr Ewa Decka-Cywińska*
Okładka: krajobraz okolic Rogowa (fot. *dr Anna Nieróbca*)

ISBN 978-83-7562-325-3

Egzemplarz bezpłatny

Nakład 300 egz., B5
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB w Puławach
tel. (81) 47 86 720; fax (81) 47 86 721
e-mail: iung@pulawy.pl; http://www.iung.pulawy.pl

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

WYBRANE ZAGADNIENIA AGROTECHNIKI ROŚLIN UPRAWNYCH

ZESZYT 61(15) 2020

SPIS TREŚCI

Wstęp 7

1. Podleśny J., Pękala S., Podleśna A.: Wybrane zagadnienia dotyczace produkcji roślinnej prowadzonej w gospodarstwach rolnych województwa opolskiego 9

2. Bojarszczuk J., Podleśny J.: Różnorodność siedlisk segetalnych w łanach roślin uprawnych w wybranych gospodarstwach rolnych województwa dolnośląskiego 25

3. Domaradzki K.: Ograniczenie dawek herbicydów jako element integrowanej ochrony roślin 39

4. Kieloch R.: Wpływ odmiany i agrotechniki na kształtowanie zachwaszczenia upraw rolniczych 51

5. Czopek K., Staniak M.: Możliwości wykorzystania postępu biologicznego w uprawie soi w Polsce 65

6. Wyzińska M., Grabiński J.: Możliwość uprawy odmian przewódkowych w Polsce 79

7. Smytkiewicz K., Podleśny J.: Metody oceny stanu odżywienia roślin azotem 89

8. Grabiński J., Wyzińska M.: Wykorzystanie superabsorbentów w rolnictwie 101

Wstęp

W rolnictwie polskim zachodzą duże zmiany w zakresie struktury obszarowej gospodarstw oraz stosowanych technologii produkcji. Ich wielkość i dynamikę kształtują czynniki organizacyjno-ekonomiczne oraz postęp techniczny i biologiczny. Następstwem tego jest zwiększanie przeciętnej powierzchni gospodarstwa, koncentracja i specjalizacja produkcji oraz tworzenie się znacznej grupy gospodarstw prowadzących tylko produkcję roślinną.

Duże znaczenie w obecnym czasie mają technologie integrowane, łączące zarówno tradycyjne, jak i nowoczesne sposoby gospodarowania, z uwzględnieniem dużego poszanowania środowiska przyrodniczego. Ich podstawą jest prawidłowy płodozmian oraz racjonalne nawożenie, uwzględniające wielkość oczekiwanego plonu i potrzeby pokarmowe roślin. Ważną rolę odgrywają również metody ochrony roślin, w tym także chemiczne, z użyciem środków bezpiecznych dla środowiska i konsumentów, zwłaszcza o bardzo wyspecjalizowanych mechanizmach działania.

Zmiany technologii produkcji roślinnej oddziałują również znacząco na stopień zachwaszczenia łanów roślin uprawnych. Od intensywności produkcji rolniczej, zróżnicowanej w zależności od sytuacji ekonomicznej gospodarstwa i rejonu kraju, zależą w dużym stopniu skład gatunkowy i liczebność chwastów występujących na polach uprawnych.

Dużą nadzieję na zwiększenie wielkości i jakości produkcji roślinnej wiąże się z wprowadzaniem innowacji w różnych obszarach rolnictwa. Jednak znacznym utrudnieniem w ich wdrażaniu są między innymi zmiany klimatyczne, w tym zwłaszcza niedobór opadów w okresie wegetacji. Dlatego poszukiwanie metod zwiększających dostępność wody dla roślin i zatrzymujących ją w glebie ma obecnie szczególne znaczenie. Znaczącą rolę przypisuje się także działaniom agrotechnicznym, w tym między innymi odpowiednim doborem odmian czy wysiewem jarych form zbóż w terminie jesiennym, w celu zmniejszenia ryzyka niekorzystnego wpływu suszy wiosennej na ich plonowanie.

Niniejszy numer wydawnictwa „Studia i Raporty IUNG-PIB" zawiera prace ściśle związane z przedstawioną powyżej tematyką badawczą. Zamieszczone opracowania zostały przygotowane w programie wieloletnim IUNG-PIB, w ramach zadania 2.3 „Ocena i wspieranie procesów wdrażania integrowanej produkcji i postępu technologicznego w produkcji roślinnej (zboża, rośliny pastewne, rośliny energetyczne)" oraz zadania 2.4. „Ocena możliwości kształtowania poziomu i jakości produkcji roślinnej z uwzględnieniem przewidywanych zmian klimatu".

Dziękujmy Autorom za przygotowanie prac zamieszczonych w niniejszym zeszycie oraz Recenzentom za wnikliwą i konstruktywną ich ocenę.

Kierownik zadania 2.3
prof. dr hab. Janusz Podleśny

Kierownik zadania 2.4
dr hab. Jerzy Grabiński, prof. IUNG-PIB

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 9-24 **2020**

Janusz Podleśny, Sławomir Pękala, Anna Podleśna

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

WYBRANE ZAGADNIENIA DOTYCZĄCE PRODUKCJI ROŚLINNEJ PROWADZONEJ W GOSPODARSTWACH ROLNYCH WOJEWÓDZTWA OPOLSKIEGO*

Słowa kluczowe: województwo opolskie, produkcja roślinna, typ gospodarstwa, struktura zasiewów, integrowana ochrona roślin, nawożenie NPKS, plon ziemiopłodów

Wstęp

We współczesnej produkcji roślinnej powinno uwzględniać się obok wielkości i jakości plonu także jej oddziaływanie na środowisko przyrodnicze. Można to osiągnąć poprzez stosowanie efektywnych i przyjaznych dla środowiska technologii produkcji, które podlegają ciągłym i dynamicznym zmianom dzięki wprowadzaniu postępu biologicznego (1), technicznego (16) i organizacyjnego (24).

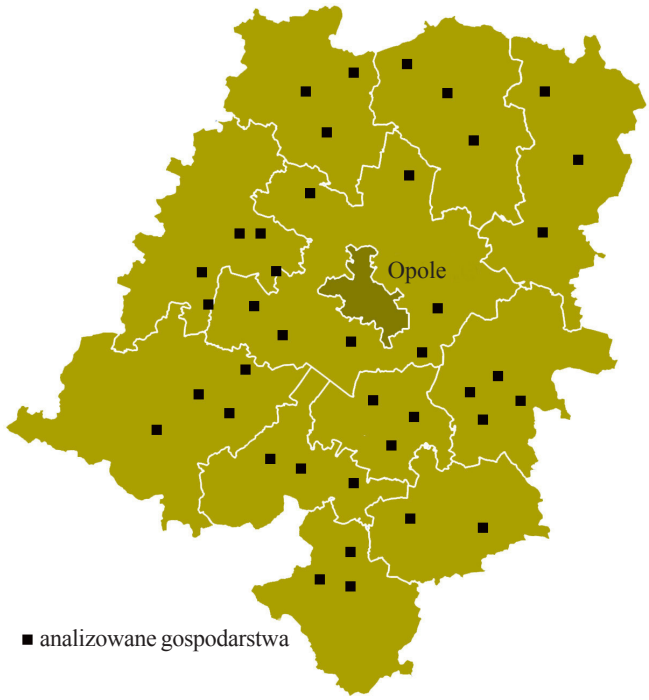
Szczególne znaczenie mają technologie integrowane wykazujące dużą efektywność gospodarowania, poprzez wykorzystanie zarówno tradycyjnych, jak i nowoczesnych metod produkcji realizowanych z troską o środowisko przyrodnicze (12). Ich podstawą są prawidłowo dobrane elementy związane z poprawnym płodozmianem, racjonalnym nawożeniem opartym na rzeczywistych potrzebach pokarmowych roślin (17) oraz stosowanej tylko w sytuacjach koniecznych – chemicznej ochronie roślin. W rolnictwie polskim następuje duża dynamika zmian w zakresie struktury obszarowej gospodarstw (20) oraz stosowanych technologii produkcji (23). Prowadzi to do zwiększenia przeciętnej powierzchni gospodarstwa, koncentracji i specjalizacji produkcji oraz tworzenia się dużych gospodarstw bezinwentarzowych (11).

Celem badań była ocena wybranych elementów technologii produkcji roślinnej prowadzonej w gospodarstwach rolnych zróżnicowanych pod względem obszaru i kierunku produkcji, zlokalizowanych w województwie opolskim, wyróżniającym się dużą intensywnością i wysokimi plonami ziemiopłodów.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Materiał i metody

Materiał źródłowy do oceny technologii produkcji roślinnej stanowiły badania ankietowe przeprowadzone w 2017 roku w 40 gospodarstwach usytuowanych w różnych rejonach województwa opolskiego (rys.1). Wyboru gospodarstw dokonano w sposób celowy, przy współpracy z Opolskim Ośrodkiem Doradztwa Rolniczego (OODR) w Łosiowie. Polegało to na świadomym wyborze obiektów z interesującej nas populacji na podstawie precyzyjnie określonych kryteriów zapewniających kontrolę zarówno homogeniczności jak i zróżnicowania próby. Starano się, aby w każdym przedziale wielkości powierzchni była podobna liczba gospodarstw o zbliżonej intensywności i różnych kierunkach prowadzonej produkcji rolnej. W celu zapewnienia dużej wiarygodności danych, uzyskane rezultaty były wielokrotnie weryfikowane najpierw na poziomie gospodarstwa a później także podczas ich szczegółowego opracowywania. 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). Ankiety zostały przygotowane w Zakładzie Uprawy Roślin Pastewnych IUNG-PIB w Puławach, natomiast dane nanieśli pracownicy OODR w Łosiowie. Każda ankieta zawierała pytania o: dane ogólne o gospodarstwie, strukturę zasiewów, wyposażenie w maszyny i urządzenia oraz szczegółowe dane dotyczące stosowanych technologii produkcji roślinnej.



Rys.1. Lokalizacja uwzględnionych w badaniach gospodarstw rolnych
Źródło: opracowanie własne

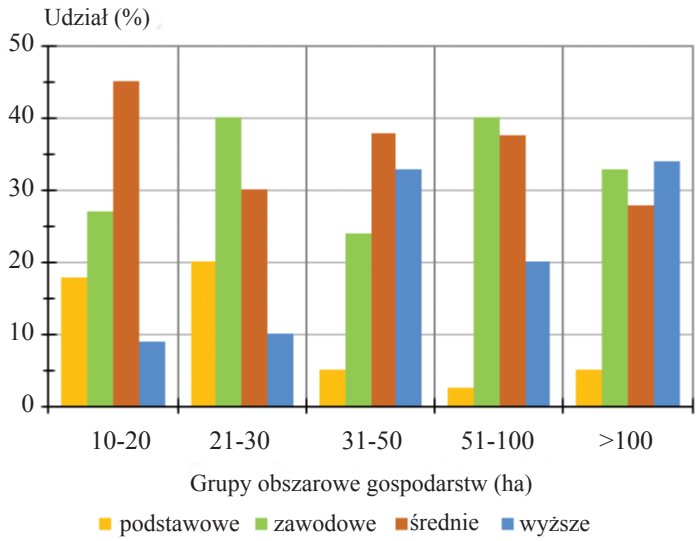
Utworzono 5 grup obszarowych gospodarstw: 10-20, 21-30, 31-50 i 51-100 i powyżej 100 ha oraz 3 grupy gospodarstw o różnej specjalizacji produkcji rolniczej: gospodarstwa bezinwentarzowe (R), mleczne (M) i trzodowe (T). Stosowane w gospodarstwach technologie produkcji oceniano przede wszystkim pod względem wymagań stawianych integrowanym technologiom produkcji roślinnej. Analizowano następujące wskaźniki związane z integrowaną produkcją roślinną: udział zbóż w strukturze zasiewów, liczba gatunków roślin w płodozmianie, stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego, wysiew poplonów, wykonywanie uprawek pożniwnych, stosowanie zrównoważonego nawożenia roślin, liczba zabiegów chemicznych i ilość zużytych substancji czynnych oraz plon ziemiopłodów.

Ogólna charakterystyka gospodarstw

Objęte analizą gospodarstwa położone były w różnych powiatach województwa opolskiego. Właściciele tych gospodarstw posiadali najczęściej wykształcenie średnie lub zawodowe (rys. 2). Około 21% kierowników gospodarstw posiadało wykształcenie wyższe. Odnosząc to do średniej krajowej należy stwierdzić, że wykształcenie właścicieli analizowanych gospodarstw było zdecydowanie lepsze, zwłaszcza w odniesieniu do liczby rolników posiadających wykształcenie wyższe. Największy odsetek rolników z wyższym wykształceniem stwierdzono w gospodarstwach o powierzchni powyżej 30 ha, natomiast rolnicy z wykształceniem podstawowym prowadzili głównie gospodarstwa mniejsze do 30 ha użytków rolnych (UR); (rys. 2). Na uwagę zasługuje duży odsetek kierowników gospodarstw posiadających wykształcenie wyższe. Potwierdza to opinię, że duża grupa absolwentów uczelni rolniczych z kierunku agronomia lub pokrewnych są właścicielami lub przejmują gospodarstwa od rodziców. Spośród analizowanych gospodarstw aż 52,5% nie miało następcy, co oznacza małe i ciągle zmniejszające się zainteresowanie ludzi młodych pracą na wsi.

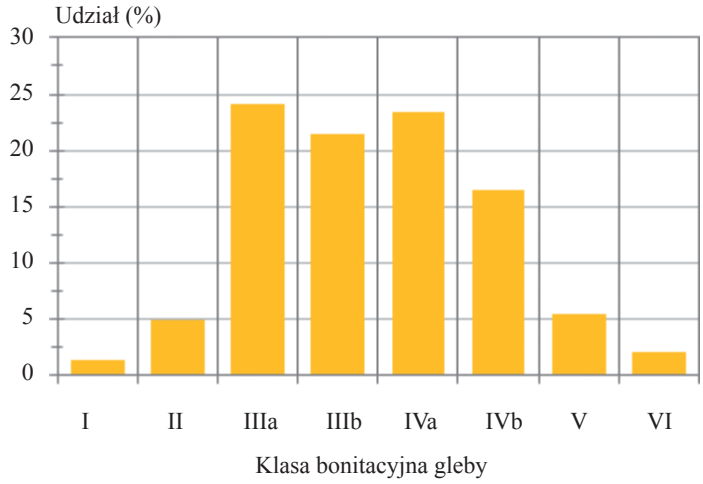
Zdaniem Klepackiego i Gołębiewskiej (7) wskaźnik wykształcenia ma bardzo duże znaczenie, bowiem decyduje w dużym stopniu o intensywności prowadzonej produkcji rolniczej, wielkości uzyskiwanych dochodów oraz zakresie inwestycji prowadzonych w gospodarstwie. Również z badań Kołoszko-Chomentowskiej (8) wynika, że dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego jest silnie skorelowany z wykształceniem kierownika tego 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. Zdaniem Kisiel i Babuchowskiej (5) oraz Kisiel i Gutowskiej (6) programy unijne odnoszą największą skuteczność w gospodarstwach większych obszarowo. Ponadto przy obszarowym kryterium podziału środków w sytuacji uprzywilejowanej są gospodarstwa o większej powierzchni.



Rys. 2. Wykształcenie kierowników gospodarstw w zależności od powierzchni gospodarstwa
Źródło: opracowanie własne

Objęte analizą gospodarstwa prowadziły działalność rolniczą na powierzchni 1849,8 ha, w tym grunty orne zajmowały 1447,5 ha, czyli 78,3% UR. W gospodarstwach dominowały gleby należące do klas bonitacyjnych: IIIa, IIIb i IVa (odpowiednio: 24,2; 21,4 i 23,4% GO), natomiast gleby najlepszej jakości należące do klas bonitacyjnych I i II stanowiły 6,3% ogółu gleb (rys. 3). Przeciętna wielkość gospodarstwa wynosiła 45,5 ha. Większość stanowiły własne grunty (ok. 71%). Dzierżawienie gruntów występowało przede wszystkim w gospodarstwach największych. Na 1 zatrudnionego w gospodarstwie przypadało 24,8 ha, przy czym w gospodarstwach mniejszych do 30 ha wskaźnik ten wynosił 8,1 ha, a w gospodarstwach powyżej 30 ha – 41,5 ha.



Rys. 3. Jakość gruntów ornych w analizowanych gospodarstwach
Źródło: opracowanie własne

Przeciętna wielkość stada zwierząt w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą wynosiła dla: gospodarstw o kierunku produkcja mleka – 57,5 szt., a dla gospodarstw prowadzących chów trzody chlewnej 108,4 szt., co w przeliczeniu wynosiło odpowiednio: 1,37 i 1,21 DJP/ha UR. Obsada zwierząt w gospodarstwach mniejszych do 30 ha wynosiła 1,76, a w gospodarstwach powyżej 30 ha – 1,14 DJP/ha UR.

Wyposażenie gospodarstw w ciągniki i maszyny rolnicze było zróżnicowane w zależności od zajmowanego obszaru. Gospodarstwa do 30 ha wyposażone były na ogół w 1-3 ciągniki najczęściej o mocy 60-100 KM, a gospodarstwa większe miały od 2 do 6 ciągników (1-2 o większej mocy około 150 KM). Ponadto średni wiek ciągnika w gospodarstwach najmniejszych wynosił około 21 lat, a w gospodarstwach największych około 15 lat. Świadczy to o tym, że w gospodarstwach większych częściej następuje wymiana ciągników starych, na nowsze, zazwyczaj o większej mocy nawet powyżej 200 KM. Odnowienie parku maszynowego odbywa się zazwyczaj po części z własnych środków finansowych i pozyskiwanych z programów unijnych.

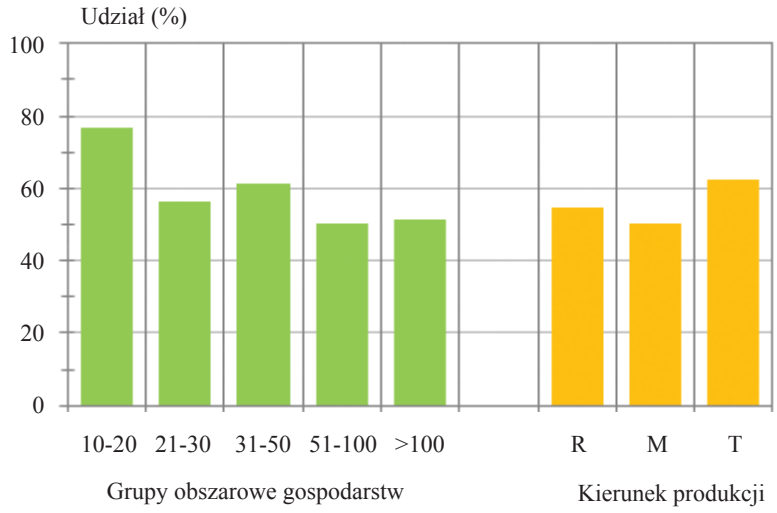
Struktura zasiewów

W strukturze zasiewów dominowały zboża, którymi obsiewano przeciętnie 59,1% gruntów ornych (rys. 4). Wskaźnik ten jest znacznie mniejszy od średniej dla kraju (21), ale jego wartość była zróżnicowana w poszczególnych grupach gospodarstw (od 51,2 do 76,5%). Spośród wszystkich gospodarstw w 30% z nich, udział zbóż nie przekraczał 50%, ale w 27,5% gospodarstw zboża stanowiły ponad 70% w strukturze zasiewów. Spośród zbóż dominowała pszenica ozima, którą uprawiano prawie we wszystkich gospodarstwach objętych analizą (76,9% powierzchni zasiewów wszystkich uprawianych zbóż).

Drugą pozycję po pszenicy zajmował jęczmień, którego udział w strukturze zasiewów wynosił 17,2%, a kolejną pszenżyto – 4,8%. Spośród pozostałych roślin dominował rzepak i kukurydza, które w strukturze zasiewów stanowiły odpowiednio 21,6 i 11,3%.

W gospodarstwach o mniejszej powierzchni do 20 ha udział zbóż w strukturze zasiewów wynosił 76,5%, natomiast w gospodarstwach większych – 54,8%.

W gospodarstwach nie prowadzących produkcji zwierzęcej udział zbóż w strukturze zasiewów wynosił 55,6%. Był on większy niż w gospodarstwach mlecznych (49,8%) i znacznie mniejszy niż w gospodarstwach trzodowych (62,2%), w których znaczny udział w strukturze zasiewów zajmowała kukurydza (18,8%). W gospodarstwach produkujących żywiec wieprzowy, na znacznej powierzchni, uprawiano również mieszanki strączkowo-zbożowe i rośliny motylkowate stanowiące uzupełnienie kupowanych wysokobiałkowych pasz treściwych. Z kolei w gospodarstwach bezinwentarzowych 23,7% w strukturze zasiewów zajmował rzepak, a w gospodarstwach mlecznych kukurydza (16,1%). W wielu gospodarstwach uprawiano również rośliny okopowe (głównie burak cukrowy), których udział w strukturze zasiewów wynosił od 1,8% w gospodarstwach do 20 ha do 7,9% w gospodarstwach powyżej 100 ha.

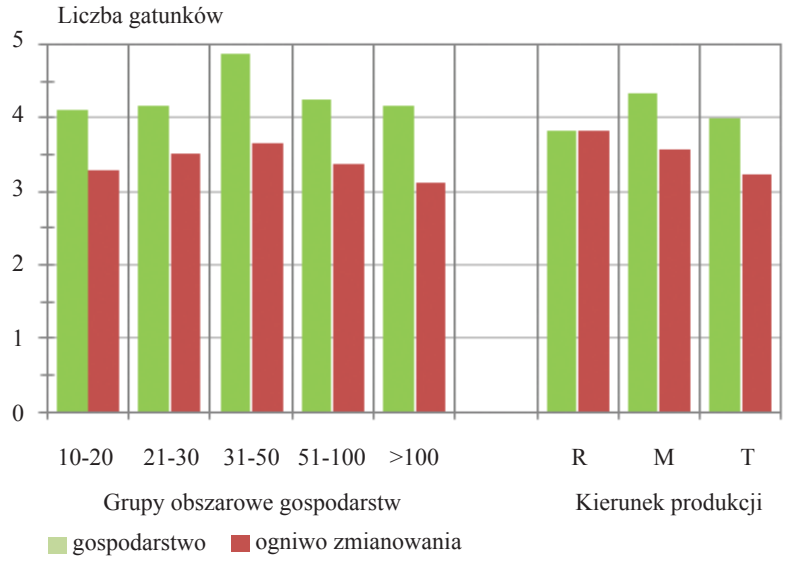


Rys. 4. Udział zbóż w strukturze zasiewów w zależności od powierzchni UR gospodarstwa i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

Udział zbóż w płodozmianie spełniającym wymagania integrowanej technologii produkcji nie powinien przekraczać 66% w strukturze zasiewów (10). Wskaźnik ten był jedynie przekroczony w gospodarstwach o powierzchni 10-20 ha. Ponadto zboża ozime powinny być przedzielone przynajmniej jedną uprawą nie będącą 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") powoduje bardzo duże nagromadzenie chorób, głównie kiły kapusty.

Dlatego ważnym wskaźnikiem z punktu widzenia integrowanej produkcji jest liczba gatunków uprawianych w gospodarstwie, a w szczególności liczba gatunków w ogniwie zmianowania. Uproszczone zmianowania sprzyjają dużemu namnażaniu agrofagów, zwłaszcza patogenów chorobotwórczych (9). Najwięcej gatunków roślin uprawiano w gospodarstwach o powierzchni od 31 do 50 ha (średnio 4,9 gatunków), a najmniej w gospodarstwach najmniejszych i największych (średnio 3,7 gatunków) (rys. 5). W gospodarstwach o powierzchni 31-50 ha, prowadzono często produkcję mleka, dlatego obok zbóż uprawiano inne gatunki roślin, zwłaszcza rośliny pastewne (kukurydza). Natomiast w gospodarstwach najmniejszych i największych uprawiano najczęściej zboża (głównie pszenicę ozimą) i rzepak.



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

W integrowanej produkcji zalecane jest zmianowanie złożone z 3-5 gatunków roślin. Z analizy danych wynika, że wszystkie analizowane gospodarstwa spełniały ten warunek, ale gospodarstwa o powierzchni 21-100 ha w większym stopniu niż gospodarstwa najmniejsze i największe. Mniejsza liczba gatunków w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą była spowodowana dużym udziałem w strukturze zasiewów kukurydzy stanowiącej podstawę żywienia bydła mlecznego i zbóż wykorzystywanych jako główna pasza dla trzody chlewnej.

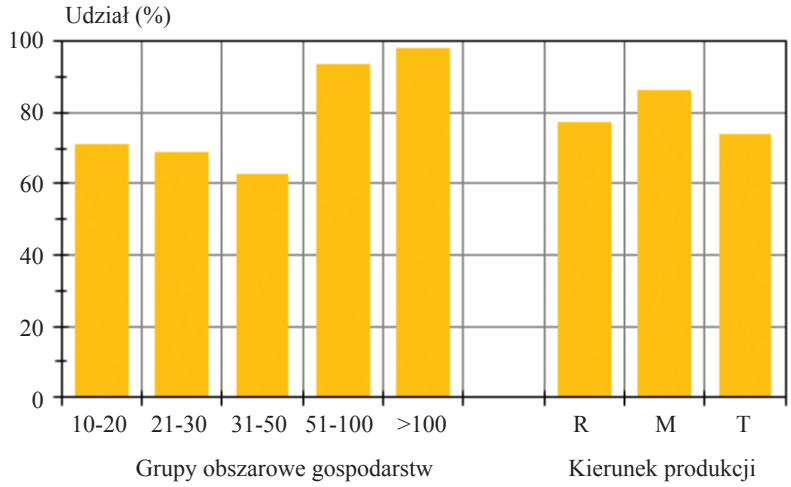
System uprawy roli i termin siewu

We współczesnym rolnictwie coraz częściej zaleca się stosowanie tzw. konserwującej uprawy roli, której celem jest zmniejszenie kosztów, ochrona środowiska przyrodniczego (zwłaszcza glebowego) i poprawa żyzności gleby (13). Jednak w analizowanych gospodarstwach, dominował przede wszystkim system orkowy. Jedynie w jednym spośród 40 gospodarstw, na powierzchni około 50 ha stosowano system uproszczony, a siewu bezpośredniego nie stosowano w żadnym gospodarstwie. Do przedsiewnego przygotowania roli stosowano najczęściej agregat uprawowy (87,5%), rzadziej bronę talerzową i kultywator (7,5%) lub tylko bronę zębową (5%).

We wszystkich gospodarstwach przestrzegano na ogół agrotechnicznego terminu siewu i sadzenia roślin uprawnych, jedynie w nielicznych przypadkach stwierdzono opóźnienie wysiewu spowodowane najczęściej opóźnionym zbiorem przedplonu lub długotrwałą suszą występująca po zbiorze ziemiopłodów.

Materiał siewny

Do wysiewu rolnicy stosowali najczęściej kwalifikowany materiał siewny (rys. 6). Podstawą takiej decyzji było przekonanie rolników, że kwalifikowany materiał siewny, chociaż jest zbyt drogi, to jednak gwarantuje wyższe i lepsze jakościowo plony. W gospodarstwach powyżej 50 ha udział kwalifikowanego materiału siewnego był najwyższy i wynosił ponad 90%, natomiast w grupie gospodarstw 21-50 był najmniejszy i wynosił 66,0%, a w gospodarstwach najmniejszych 71,4%.



Rys. 6. Udział powierzchni obsianej kwalifikowanym materiałem siewnym

Źródło: opracowanie własne

Stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego było także zróżnicowane w zależności od kierunku prowadzonej produkcji. W gospodarstwach nie prowadzących produkcji zwierzęcej i produkujących mleko obsiewano większą powierzchnię kwalifikowanym materiałem siewnym (odpowiednio: 86,2 i 77,2%) niż w gospodarstwach trzodowych (73,9%). Było to związane z dużą powierzchnią uprawy rzepaku w gospodarstwach bezinwentarzowych oraz kukurydzy w gospodarstwach prowadzących produkcję mleka. W gospodarstwach trzodowych znaczny odsetek w strukturze zasiewów stanowiły pola z roślinami zbożowymi obsiewane własnym materiałem nasiennym, często mieszankami zbóż.

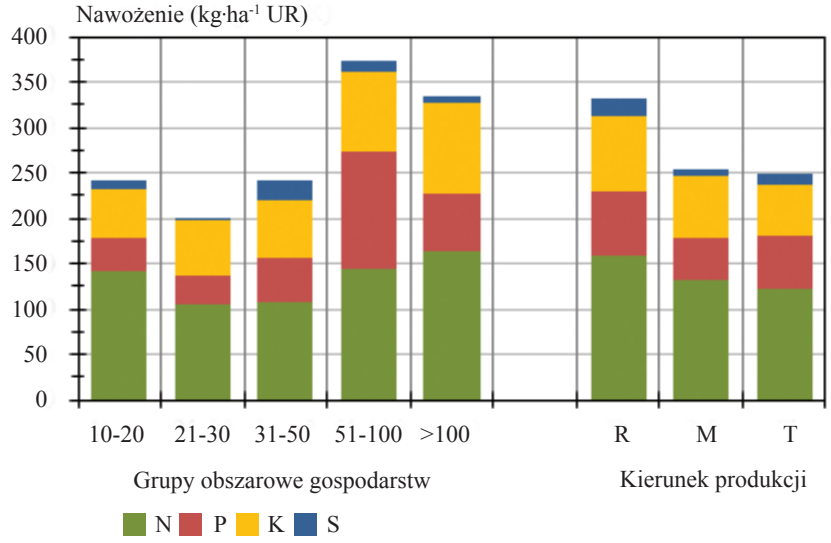
Średnio dla wszystkich gospodarstw udział kwalifikowanego materiału siewnego zbóż wyniósł 52,2% i był zdecydowanie większy niż podawany przez GUS dla województwa opolskiego (25,6%); (15). Oznacza to, że wybrana grupa gospodarstw lepiej spełnia wymagania w zakresie stosowania dobrej jakości materiału siewnego przewidziany dla integrowanej ochrony roślin (3) i integrowanej produkcji roślinnej niż wiele innych gospodarstw w tym regionie i w Polsce. Dobra jakość nasion stanowi bowiem 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 (22).

Nawożenie roślin

Zużycie nawozów mineralnych NPKS na 1 ha UR zależało od obszaru gospodarstwa i kierunku prowadzonej produkcji rolniczej (rys. 7). Największe zużycie nawozów odnotowano w gospodarstwach o powierzchni powyżej 50 ha (średnio 354,6 kg NPKS·ha^{-1}), a najmniejsze w grupie gospodarstw 21-30 ha (201,2 kg NPKS·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) kształtował się na poziomie 1,0:0,30:0,52. Zgodnie z zaleceniami (2) stosunek N:P:K dla roślin rolniczych powinien wynosić 1,0:0,95:0,98. Uzyskane dane wskazują, że w gospodarstwach większych nawożenie było lepiej zbilansowane niż w gospodarstwach mniejszych, w których stosowano głównie nawożenie azotowe i zbyt małe ilości fosforu. W gospodarstwach prowadzących tylko produkcję roślinną stwierdzono dużo większe zużycie NPK oraz S w stosunku do pozostałych grup gospodarstw – w gospodarstwach mlecznych i trzodowych nawożenie mineralne było uzupełniane stosowaniem znacznych dawek nawozów naturalnych.



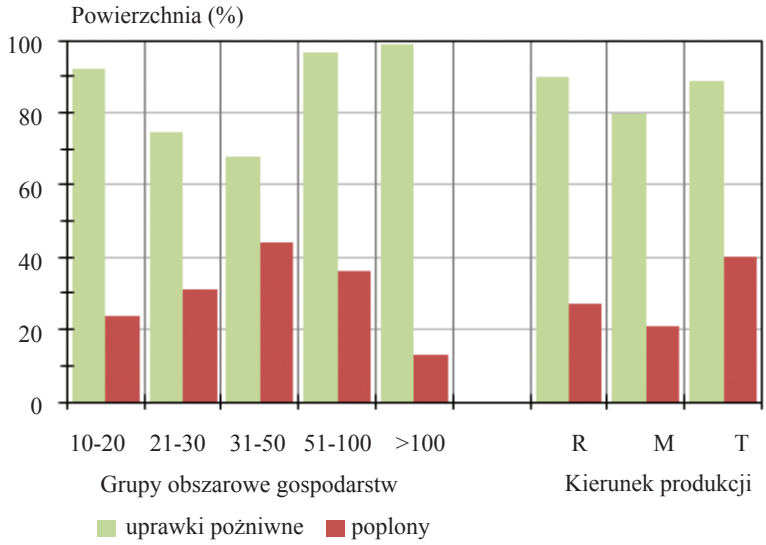
Rys. 7. Zużycie nawozów mineralnych NPKS na 1 ha UR w gospodarstwach o różnej powierzchni UR
Źródło: opracowanie własne

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 mniejszych

rzadko wykonywano analizy gleby, podczas gdy w wielu gospodarstwach powyżej 50 ha dawki nawozów ustalano na podstawie zasobności gleby.

Uprawki pożniwne

Uprawki pożniwne prowadzono w większości gospodarstw rolnych, przy czym większą powierzchnię objętą tymi zabiegami stwierdzono w gospodarstwach najmniejszych i największych. Średnio dla wszystkich gospodarstw, wykonywano je na powierzchni 86,3% gruntów ornych (rys. 8). Na uwagę zasługuje fakt, że dużo tego typu zabiegów stwierdzono nie tylko w grupie gospodarstw małych, ale także gospodarstw większych powyżej 50 ha. Uprawki te wykonywano głównie broną talerzową, kultywatorem lub wykonywano podorywkę. Poplony uprawiano rzadko, wysiewając głównie gorczycę, facelię, rośliny strączkowe lub wykę ze zbożami, wykorzystując je najczęściej na przyoranie.



Rys. 8. Wykonywanie uprawek pożniwnych i uprawa poplonów w gospodarstwach o różnej powierzchni UR i różnych kierunkach produkcji

Źródło: opracowanie własne

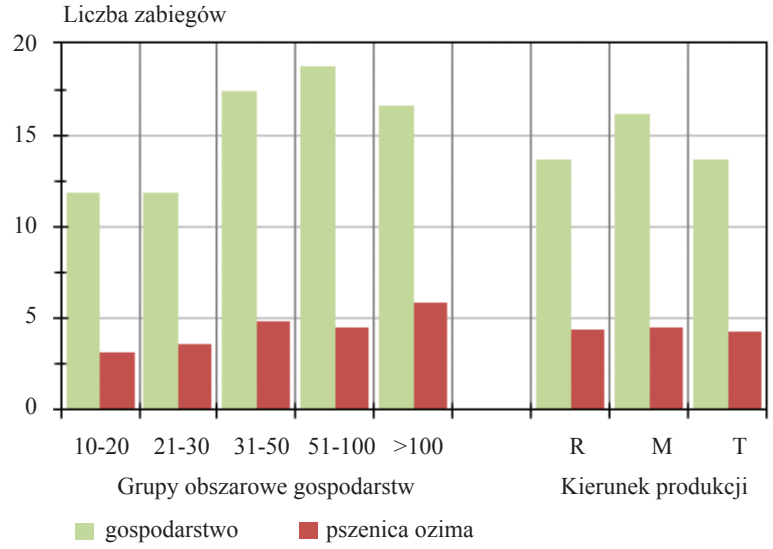
Zarówno stosowanie uprawek pożniwnych jak i uprawa poplonów stanowi bardzo ważny element integrowanej produkcji ze względu na ograniczenie zachwaszczenia oraz „zazielenienie" powierzchni pola (19). Tymczasem we współczesnym sposobie gospodarowania nie zawsze wykonuje się tego typu zabiegi, ze względu na zwiększone koszty oraz krótki czas od zbioru rośliny uprawianej w plonie głównym do wysiewu rośliny następczej.

Ochrona chemiczna roślin

W analizowanych gospodarstwach stosowano zróżnicowaną ochronę chemiczną w uprawie poszczególnych gatunków roślin. 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 powyżej 30 ha wykonywano na ogół większą liczbę zabiegów co związane było z większą intensywnością ochrony chemicznej i różnorodnością uprawianych gatunków roślin (rys. 9). Ponadto w gospodarstwach tych znaczny udział w strukturze zasiewów zajmował ziemniak i burak cukrowy a więc rośliny wymagające większej ochrony chemicznej niż zboża.

Jednym z ważniejszych wyznaczników intensywności prowadzonej ochrony chemicznej jest liczba zabiegów wykonywana w okresie wegetacji danego gatunku rośliny (rys. 9).



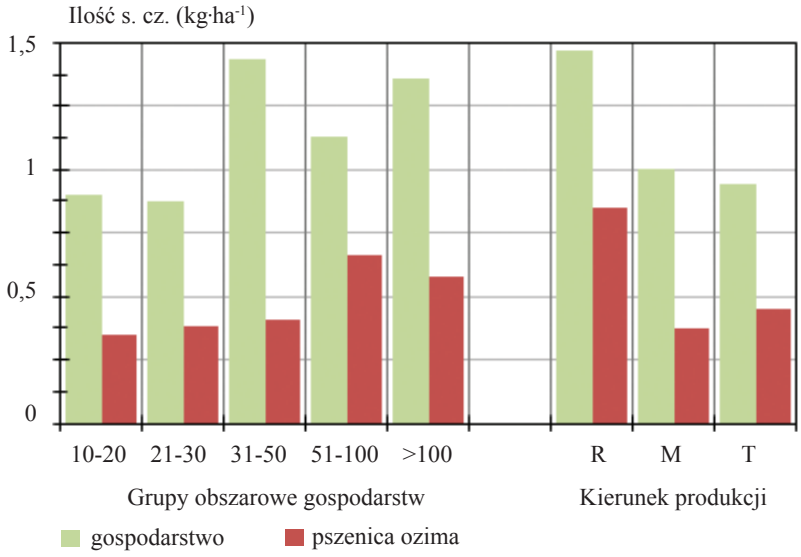
Rys. 9. Liczba zabiegów chemicznych wykonywanych łącznie w gospodarstwie i w uprawie pszenicy ozimej w zależności od powierzchni UR i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

Dla porównania intensywności ochrony przyjęto pszenicę ozimą, która była najczęściej uprawiana w analizowanych gospodarstwach. Z przeprowadzonych badań 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 znaczy koszt, zabiegi były wykonywane 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, zwłaszcza w gospodarstwach o powierzchni powyżej 100 ha. W gospodarstwach mlecznych wykonywano najwięcej zabiegów chemicznych co było związane z większą liczbą uprawianych gatunków roślin niż w gospodarstwach pozostałych dwóch kierunków produkcji. Niezależnie od kierunku produkcji intensywność ochrony chemicznej pszenicy ozimej była podobna.

Ważnym i często stosowanym wskaźnikiem oceny intensywności ochrony roślin jest ilość substancji chemicznej zastosowanej na 1 ha użytków rolnych (14); (rys. 10). Duży postęp w zakresie wprowadzania nowych środków chemicznych znacznie zmienia wartość tego wskaźnika, 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 dawkach, co znacznie zmniejsza ilość stosowanej substancji czynnej na 1 ha użytków rolnych.



Rys. 10. Ilość substancji czynnej zużytej na 1 ha UR w zależności od powierzchni gospodarstwa i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

W gospodarstwach o powierzchni powyżej 30 ha stosowano więcej s.cz na 1 ha niż w gospodarstwach mniejszych. Duży wpływ na to miała struktura zasiewów. W gospodarstwach gdzie ilość s.cz. na 1 ha UR była większa na znacznej powierzchni uprawiano także, oprócz zbóż, gatunki roślin wymagające dużej ochrony chemicznej jak np. rzepak czy rośliny okopowe. W gospodarstwach prowadzących wyłącznie produkcję roślinną intensywność ochrony chemicznej była większa niż w gospodarstwach z produkcją zwierzęcą. Wynikało to z różnych wymagań gatunków uprawianych w poszczególnych grupach gospodarstw. W gospodarstwach nastawionych na 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 g·ha^{-1}).

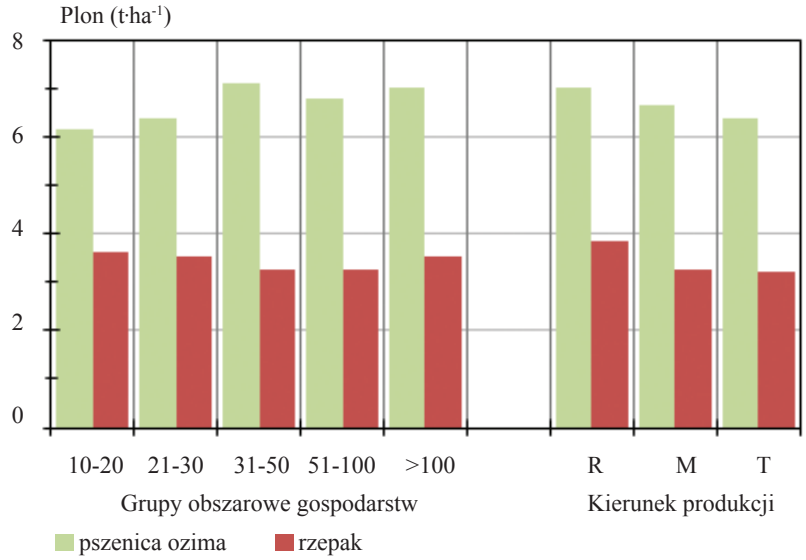
Zużycie środków chemicznych w uprawie pszenicy, średnio dla wszystkich gospodarstw wynosiło 1,31 kg·ha^{-1} i było prawie takie same jak średnia dla Polski (1,32 kg·ha^{-1}); (21). Ilość s.cz. stosowanej w uprawie pszenicy zależała od liczby zabiegów. W gospodarstwach dużych powyżej 30 ha oraz bezinwentarzowych stosowano znacznie więcej s. cz. na 1 ha pszenicy niż w gospodarstwach mniejszych i prowadzących produkcję zwierzęcą.

Plon pszenicy i rzepaku

W gospodarstwach o powierzchni do 30 ha plon ziarna pszenicy ozimej wynosił średnio 6,27 t·ha^{-1} (rys. 11). Natomiast w grupie gospodarstw większych (powyżej 30 ha) plon tej rośliny był większy o około 11% i kształtował się na poziomie 6,97 t·ha^{-1}. Natomiast plon nasion rzepaku był bardzo podobny we wszystkich gospodarstwach i wynosił średnio 3,44 t·ha^{-1}. W gospodarstwach roślinnych plon ziarna pszenicy wynosił 7,0 t·ha^{-1}, a rzepaku – 3,9 t·ha^{-1} i był wyższy niż w gospodarstwach prowadzących produkcję zwierzęcą odpowiednio o 7,2 i 20,7%.

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

W roku 2017 plon ziarna zbóż i rzepaku kształtował się w Polsce odpowiednio na poziomie: 4,20 i 2,95 t·ha^{-1}, w województwie opolskim odpowiednio: 5,85 i 3,14 t·ha^{-1} (18). Natomiast średni plon zbóż i rzepaku w analizowanych gospodarstwach był nieco wyższy niż w Polsce i województwie opolskim i wynosił odpowiednio: 5,94 i 3,43 t·ha^{-1}.



Rys. 11. Wielkość plonu wybranych ziemiopłodów w zależności od powierzchni gospodarstwa i kierunku produkcji

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza gospodarstw rolnych wykazała duże zróżnicowanie w zakresie wybranych 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 opolskiego oraz stanowią bazę danych przydatną do wykorzystania w innych analizach z zakresu produkcji roślinnej. W związku z tym, że do badań wybrano gospodarstwa prowadzące produkcję roślinną na stosunkowo dobrym poziomie (dotyczyło to również gospodarstw o mniejszej powierzchni), uzyskane rezultaty badań należy traktować jako studium przypadku. Nie można ich zatem uogólniać i odnosić do wszystkich gospodarstw w województwie opolskim, lecz do gospodarstw o wyższym poziomie organizacyjno-produkcyjnym. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że wielkość uzyskiwanych plonów zbóż i rzepaku, a także ilość substancji czynnej stosowanej na 1 ha uprawianej pszenicy ozimej w analizowanych gospodarstwach były zbliżone do uzyskiwanych średnio w województwie, co może oznaczać, że poziom produkcji roślinnej w większości gospodarstw rolnych w województwie opolskim jest na podobnym i stosunkowo wysokim poziomie.

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. AGROCHEM – SITR, 1996, Warszawa: 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./Postępy w Ochronie 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. G, 2010, **97(1):** 98-108.
7. Klepacki B., Gołębiewska B.: Wykształcenie rolników jako forma różnicująca sytuację gospodarstw rolnych. [W:] Kapitał ludzki i intelektualny jako czynnik wzrostu gospodarczego i ograniczenia nierówności społecznych. 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./Postępy w Ochronie Roślin, 2008,**48 (4):** 1431-1438.
10. Korbas M., Mrówczyński M. (red.): Metodyka integrowanej produkcji pszenicy ozimej i jarej. PIORiN Warszawa, 2014; ss. 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 r.; 45-65.
13. Kuś J.. Uprawa roli w rolnictwie integrowanym. W: Integrowana Produkcja Roślinna. J. Podleśny (red.). 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, ss. 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. W: Integrowana Produkcja Roślinna. J. Podleśny (red.), 2007:161-167.
18. Rocznik Statystyczny Rolnictwa. GUS Warszawa 2018, 89.
19. Smagacz J.: Rola zmianowania w integrowanej produkcji roślinnej. W: Integrowana Produkcja Roślinna. J. Podleśny (red.), 2007: 147-154.
20. Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2017/2018, GUS Warszawa, 2019. https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/rolnictwo/srodki-produkcji-w-rolnictwie-w-roku-gospodarczym-20172018,6,15.html. (data dostępu 27.05.2020).
21. Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2014 r. GUS Warszawa, 2015: 105-106.
22. Wiewióra B. Wpływ zdrowotności materiału siewnego jęczmienia jarego na występowanie chorób na roślinach oraz wartość siewną zebranego ziarna. Biuletyn IHAR, 2010, **257/258:** 3-16.
23. Wójcicki, Z.: Postęp technologiczny w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. Problemy Inżynierii Rolniczej, 2006, **14(3):** 5-19.

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 4786 792
e- mail: jp@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Anna Podleśna	0000-0001-5652-8881
Janusz Podleśny	0000-0001-6757-8331

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 25-37 **2020**

Jolanta Bojarszczuk, Janusz Podleśny

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

RÓŻNORODNOŚĆ SIEDLISK SEGETALNYCH W ŁANACH ROŚLIN UPRAWNYCH W WYBRANYCH GOSPODARSTWACH ROLNYCH WOJEWÓDZTWA DOLNOŚLĄSKIEGO*

Słowa kluczowe: województwo dolnośląskie, grupy obszarowe gospodarstw, siedlisko segetalne, zachwaszczenie upraw, indeks różnorodności Simpsona, wskaźnik dominacji Shannona-Wienera

Wstęp

Działalność rolnicza ma duży wpływ na różnorodność biologiczną. Niektóre praktyki stanowią dla niej zagrożenie, inne zaś oddziałują pozytywnie. Do zagrożeń można zaliczyć m.in.: monokultury roślin uprawnych, nadmierną mechanizację i chemizację, intensywny wypas zwierząt, nieodpowiednie wykorzystanie środków ochrony roślin (8). Prowadzenie różnego rodzaju praktyk rolniczych może się jednak przyczyniać do zwiększania różnorodności biologicznej w wyniku stosowania zarówno tradycyjnych, jak i nowoczesnych systemów gospodarowania (4).

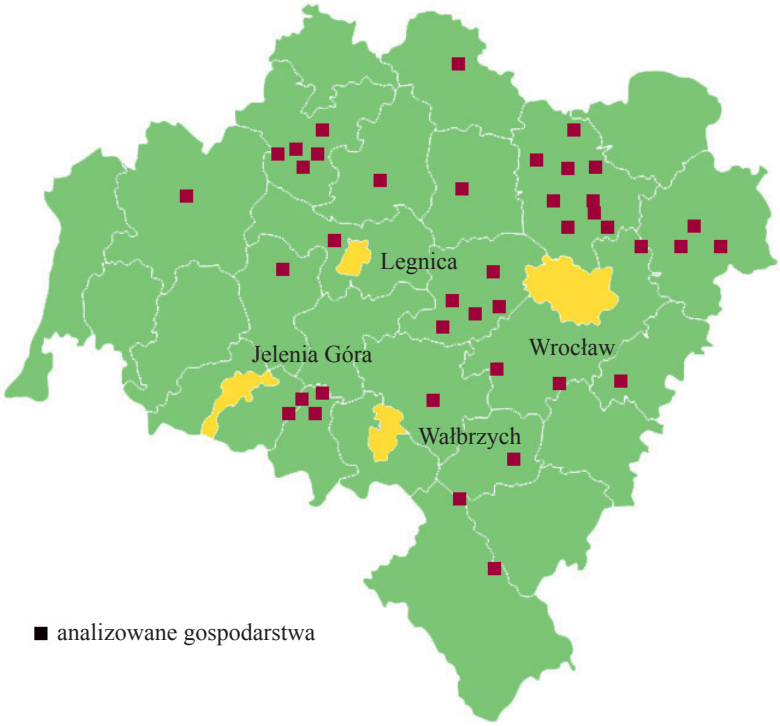
Chwasty mogą stanowić wskaźnik poprawności zmianowania i oceny intensywności rolniczej, ponieważ są wyznacznikami zużycia środków ochrony roślin, sposobu uprawy roli, zmianowania (13,10).

W ostatnich latach obserwuje się zwiększenie wpływu czynników organizacyjno-ekonomicznych na intensywność produkcji rolniczej, która jest często powiązana z obszarem gospodarstwa, a co znacząco oddziałuje na zróżnicowanie liczebności chwastów w łanach roślin uprawnych (18). Dlatego też podjęto badania mające na celu próbę określenia wpływu wielkości gospodarstwa na różnorodność flory segetalnej występującej w łanach roślin uprawnych.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Materiał i metody

Opracowanie przygotowano na podstawie wyników badań ankietowych przeprowadzonych w 2017 roku w wybranych gospodarstwach położonych w różnych rejonach województwa dolnośląskiego (rys. 1). Wyboru gospodarstw dokonano w sposób celowy, przy współpracy z Dolnośląskim Ośrodkiem Doradztwa Rolniczego (DODR) we Wrocławiu. Polegało to na wyborze obiektów na podstawie określonych kryteriów zapewniających kontrolę zarówno homogeniczności, jak i zróżnicowania próby.



Rys. 1. Lokalizacja analizowanych gospodarstw rolnych na terenie województwa dolnośląskiego
Źródło: opracowanie własne

Starano się, aby w każdym przedziale wielkości powierzchni była taka sama liczba gospodarstw o zbliżonej intensywności i różnych kierunkach produkcji rolnej. W celu przeprowadzania oceny flory segetalnej występującej na polu z uprawą wybranego gatunku rośliny wyznaczono, w sposób losowy z pominięciem strefy brzegowej pola (10 m), 5 powierzchni badawczych o wielkości 0,5 m^2. W ocenie zachwaszczenia uwzględnione zostały 4 gatunki roślin, form jarych i ozimych (pszenica ozima, jęczmień jary, rzepak ozimy, kukurydza na kiszonkę). We wszystkich wybranych do analizy gospodarstwach występowały pola z każdą z ocenianych roślin uprawnych. W celu lepszego scharakteryzowania i porównania ocenianych wielkości pomiędzy badanymi obiektami, dokonano podziału gospodarstw na 5 grup różniących się

powierzchnią użytków rolnych (UR): I – do 20 ha, II – od 21 do 30, III – od 31 do 50, IV – od 51 do 100 i V – powyżej 100 ha. Badania wykonano w 22 gospodarstwach (w grupie I – 4; II – 5; III – 5; IV – 4 i V – 4 gospodarstwa). Ocenę różnorodności gatunkowej chwastów przeprowadzono przed zbiorem roślin metodą wagowo-ramkową z powierzchni 1 m^2. Badania obejmowały ocenę składu gatunkowego chwastów oraz liczebności poszczególnych ich gatunków. W analizowanych gospodarstwach prowadzono ochronę chemiczną przed chwastami.

W analizie wykorzystano dwa florystyczne wskaźniki różnorodności biologicznej: indeks różnorodności Shannona (H') i indeks dominacji Simpsona (SI). Indeks Shanonna jest wskaźnikiem ogólnej różnorodności gatunkowej i obliczany jest według wzoru Shannona i Weavera (22):

$$H' = - \sum Pi \ln Pi$$

gdzie: Pi – stosunek liczby chwastów danego gatunku do ogólnej liczebności chwastów na powierzchni próbnej.

Indeks Simpsona (SI) jest wskaźnikiem stosowanym do oszacowania różnorodności biologicznej siedlisk i opisany jest wzorem Simpsona (22):

$$SI = \sum Pi^2$$

Wyniki i dyskusja

Analiza bioróżnorodności upraw prowadzonych w wybranych do badań gospodarstwach wykazała, że ogółem rozpoznano 27 gatunków niepożądanych. Skład gatunkowy chwastów był zróżnicowany w zależności od powierzchni gospodarstwa oraz gatunku rośliny. Bogactwo flory segetalnej ozimych form gatunków roślin uprawnych było większe niż form jarych. Najwięcej gatunków chwastów rozpoznano w łanie pszenicy ozimej (średnio 12 gatunków). Analiza wyników badań wykazała, że największą różnorodność gatunkową stwierdzono w gospodarstwach o powierzchni powyżej 100 ha UR (14 gatunków); (tab. 1), najmniejszą zaś w uprawie jęczmienia jarego w gospodarstwach o powierzchni do 20 ha UR i powyżej 100 ha UR (5 gatunków).

W gospodarstwach objętych monitoringiem bioróżnorodności stwierdzono, że niezależnie od gatunku rośliny uprawnej liczniej występowały chwasty dwuliścienne, których udział w ogólnej liczebności wynosił średnio 78,8% – w uprawie rzepaku ozimego i kukurydzy; 82,4% – w uprawie jęczmienia jarego; 88,9% – w uprawie pszenicy ozimej (tab. 1).

Tabela 1

Liczba gatunków chwastów w uprawie badanych gatunków roślin oraz ich udział w strukturze chwastów ogółem

Wyszczególnienie	Grupa obszarowa gospodarstw					Średnio
	10-20	21-30	31-50	51-100	>100	
	Pszenica ozima					
Chwasty jednoliścienne (szt./m^2; %)	1 (2,8%)	7 (16,7%)	8 (11,1%)	15 (12,0%)	13 (12,8%)	8,8 (11,1%)
Chwasty dwuliścienne (szt./m^2; %)	35 (97,2%)	35 (83,3%)	64 (88,9%)	110 (88,0%)	89 (87,3%)	66,6 (88,9%)
Liczba gatunków (szt./m^2)	13	10	10	12	14	12
	Rzepak ozimy					
Chwasty jednoliścienne (szt./m^2; %)	2 (6,7%)	0 (0%)	21 (48,8%)	5 (11,9%)	30 (38,5%)	11,6 (21,2%)
Chwasty dwuliścienne (szt./m^2; %)	28 (93,3%)	12 (100%)	22 (51,2%)	37 (88,1%)	48 (61,5%)	29,4 (78,8%)
Liczba gatunków (szt./m^2)	8	8	9	7	10	8
	Jęczmień jary					
Chwasty jednoliścienne (szt./m^2; %)	5 (18,5%)	14 (18,4%)	0 (0%)	15 (31,3%)	2 (20,0%)	7,2 (17,6%)
Chwasty dwuliścienne (szt./m^2; %)	22 (81,5%)	62 (81,6%)	65 (100%)	33 (68,8%)	8 (80,0%)	38,0 (82,4%)
Liczba gatunków (szt./m^2)	5	7	11	7	5	7
	Kukurydza					
Chwasty jednoliścienne (szt./m^2; %)	9 (21,4%)	12 (13,6%)	22 (25,3%)	12 (19,7%)	12 (24,5%)	13,4 (20,9%)
Chwasty dwuliścienne (szt./m^2; %)	33 (78,6%)	75 (85,2%)	65 (74,7%)	49 (80,3%)	37 (75,5%)	51,8 (78,9%)
Liczba gatunków (szt./m^2)	5	11	9	10	7	8

Źródło: opracowanie własne

W uprawie pszenicy ozimej w gospodarstwach o najmniejszej powierzchni użytków rolnych (do 20 ha), udział chwastów dwuliściennych wyniósł 97,2% (tab. 1). W łanach rzepaku ozimego i kukurydzy w gospodarstwach o powierzchni w zakresie 31-50 ha, stwierdzono udział chwastów dwuliściennych mniejszy niż średnio dla wszystkich gospodarstw (tab. 1), ze względu na duży udział gatunków jednoliściennych, takich jak: *Echinochloa crus-galli* oraz dodatkowo *Apera spica-venti* w uprawie rzepaku i *Elymus repens* w uprawie kukurydzy. Dużą aktywność występowania gatunku *A. spica-venti* stwierdzono w uprawie jęczmienia jarego w gospodarstwach o powierzchni 51-100 ha UR.

Liczebność chwastów zróżnicowana była w zależności od gatunku rośliny uprawnej. Największą stwierdzono w uprawie pszenicy i kukurydzy, odpowiednio: 75 i 65 sztuk chwastów (tab. 2 i 5), najmniejszą zaś w uprawie rzepaku, gdzie zanotowano 41 sztuk chwastów na powierzchni 1 m^2 (tab. 3). Natomiast

w łanie jęczmienia jarego stwierdzono średnio 45 szt. chwastów na jednostce powierzchni (tab. 4). Wcześniejsze badania autorów (6) przeprowadzone w gospodarstwach województwa wielkopolskiego dowiodły, że najmniej zachwaszczona była uprawa jęczmienia, gdzie zanotowano 34 sztuk chwastów na powierzchni 1 m^2.

Tabela 2

Skład gatunkowy i liczebność chwastów w łanie pszenicy ozimej w gospodarstwach zróżnicowanych powierzchnią użytków rolnych (szt./m^2)

Gatunek chwastu	Grupa obszarowa gospodarstw					Średnio
	10-20	21-30	31-50	51-100	>100	
Chwasty jednoliścienne:						
Miotła zbożowa – *Apera spica-venti*	1	7	8	10	13	7,8
Perz właściwy – *Elymus repens*	-	-	-	5	-	1,0
Chwasty dwuliścienne:						
Bodziszek porozcinany – *Geranium dissectum*	1	-	-	7	7	3,0
Chaber bławatek – *Centaurea cyanus*	4	-	4	8	6	4,4
Fiołek polny – *Viola arvensis*	4	2	-	10	12	5,6
Gwiazdnica pospolita – *Stellaria media*	2	11	14	14	8	9,8
Jasnota purpurowa – *Lamium purpureum*	5	-	10	16	3	6,8
Komosa biała – *Chenopodium album*	2	2	5	-	6	3,0
Mak polny – *Papaver rhoeas*	-	8	-	-	-	2,0
Maruna bezwonna – *Matricaria maritima subsp. inodora*	3	-	-	8	13	4,8
Ostrożeń polny – *Cirsium arvense*	-	2	-	-	2	0,8
Przetacznik perski – *Veronica persica*	-	-	-	17	-	3,4
Przytulia czepna – *Galium aparine*	5	2	4	6	2	3,8
Rdest plamisty – *Polygonum persicaria*	1	-	2	10	-	2,6
Rumian polny – *Anthemis arvensis*	2	-	11	6	8	5,4
Szarłat szorstki – *Amaranthus retroflexus*	-	1		-	10	2,2
Tasznik pospolity – *Capsella bursa-pastoris*	3	3	10	8	5	5,8
Tobołki polne – *Thlaspi arvense*	-	4	4	-	7	3,0
Żółtlica drobnokwiatowa – *Galinsoga parviflora*	3	-	-	-	-	0,6
Razem	36	42	72	125	102	75,4

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3

Różnorodność gatunkowa chwastów w łanie rzepaku ozimego w gospodarstwach zróżnicowanych powierzchnią użytków rolnych (szt./m^2)

Gatunek chwastu	Grupa obszarowa gospodarstw					Średnio
	10-20	21-30	31-50	51-100	>100	
Chwasty jednoliścienne:						
Chwastnica jednostronna – *Echinochloa crus-galli*	-	-	13	-	20	2,4
Miotła zbożowa – *Apera spica-venti*	2	-	5	5	10	4,4
Perz właściwy – *Elymus repens*	-	-	3	-	-	0,6
Chwasty dwuliścienne:						
Bodziszek porozcinany – *Geranium dissectum*	-	-	-	5	7	2,4
Chaber bławatek – *Centaurea cyanus*	5	2	-	6	7	4,0
Fiołek polny – *Viola arvensis*	-	2	1	11	-	2,8
Gorczyca polna – *Sinapis arvensis* L.	-	1	-	-	-	0,2
Gwiazdnica pospolita – *Stellaria media*	5	-	5	-	5	3,0
Komosa biała – *Chenopodium album*	5	1	-	-	4	2,0
Ostrożeń polny – *Cirsium arvense*	3	-	-	-	-	0,6
Przytulia czepna – *Galium aparine*	5	-	4	4	5	3,6
Rdest powojowy – *Fallopia convolvulus*	-	-	-	4	4	1,6
Rumian polny – *Anthemis arvensis*	2	3	4	7	8	4,8
Tasznik pospolity – *Capsella bursa-pastoris*	3	1	7	-	-	2,2
Tobołki polne – *Thlaspi arvense*	-	1	1	-	8	2,0
Żółtlica drobnokwiatowa – *Galinsoga parviflora*	-	1	-	-	-	0,4
Razem	**30**	**12**	**43**	**42**	**78**	**41,0**

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4

Różnorodność gatunkowa i liczebność chwastów w łanie jęczmienia jarego w gospodarstwach zróżnicowanych powierzchnią użytków rolnych (szt./m^2)

Gatunek chwastu	Grupa obszarowa gospodarstw					Średnio
	10-20	21-30	31-50	51-100	>100	
Chwasty jednoliścienne:						
Chwastnica jednostronna – *Echinochloa crus-galli*	-	-	-	5	-	1,0
Miotła zbożowa – *Apera spica-venti*	5	14	-	10	2	6,2
Chwasty dwuliścienne:						
Bodziszek porozcinany – *Geranium dissectum*	-	-	-	-	2	0,4
Chaber bławatek – *Centaurea cyanus*	-	2	3	-	-	1,0
Fiołek polny – *Viola arvensis*	-	12	-	-	-	2,4
Gwiazdnica pospolita – *Stellaria media*	-	15	4	-	-	3,8
Jasnota purpurowa – *Lamium purpureum*	8	-	9	-	-	3,4
Komosa biała – *Chenopodium album*	5	4	-	7	-	3,2
Maruna bezwonna – *Matricaria maritima subsp. inodora*	-	11	-	3	2	3,2
Niezapominajka polna – *Myosotis arvensis*	-	-	7	-	-	1,4
Ostrożeń polny – *Cirsium arvense*	-	-	5	-	-	1,0
Przetacznik perski – *Veronica persica*	-	-	-	10	1	2,2

Tabela 4 cd.

Przytulia czepna – *Galium aparine*	6	18	8	2	3	7,4
Rdest plamisty – Polygonum persicaria	-	-	8	-	-	1,6
Rumian polny – *Anthemis arvensis*	-	-	-	6	-	1,2
Szarłat szorstki – *Amaranthus retroflexus*	-	-	-	5	-	1,0
Tasznik pospolity – *Capsella bursa-pastoris*	-	-	11	-	-	2,2
Tobołki polne – *Thlaspi arvense*	-	-	7	-	-	1,4
Żółtlica drobnokwiatowa – *Galinsoga parviflora*	3	-	3	-	-	1,2
Razem	**27**	**76**	**65**	**48**	**10**	**45,2**

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5

Różnorodność gatunkowa chwastów w łanie kukurydzy
w gospodarstwach zróżnicowanych powierzchnią użytków rolnych (szt./m^2)

Gatunek chwastu	Grupa obszarowa gospodarstw					Średnio
	10-20	21-30	31-50	51-100	>100	
Chwasty jednoliścienne:						
Chwastnica jednostronna – *Echinochloa crus-galli*	9	1	11	5	7	6,6
Włośnica sina – *Setaria pumila*	-	-	-	-	5	1,0
Perz właściwy – *Elymus repens*	-	11	11	7	-	5,8
Chwasty dwuliścienne:						
Bylica pospolita – *Artemisia vulgaris*	-	-	-	-	2	0,4
Fiołek polny – *Viola arvensis*	7	12	-	5	-	4,8
Gwiazdnica pospolita – *Stellaria media*	-	13	14	-	-	5,4
Komosa biała – *Chenopodium album*	8	-	12	6	13	7,8
Maruna bezwonna – *Matricaria maritima subsp. inodora*	-	11	-	7	4	4,4
Ostrożeń polny – *Cirsium arvense*	8	-	-	-	-	1,6
Przytulia czepna – *Galium aparine*	-	14	5	7	-	6,5
Psianka czarna – *Solanum nigrum* L.	-	-	-	1	-	0,2
Rdest plamisty – *Polygonum persicaria*	-	-	-	12	-	2,4
Rdest powojowy – *Fallopia convolvulus*	-	11	-	-	-	2,2
Rumian polny – *Anthemis arvensis*	-	1	9	3	3	3,2
Szarłat szorstki – *Amaranthus retroflexus*	-	12	10	8	15	9,0
Tasznik pospolity – *Capsella bursa-pastoris*	-		7	-	-	1,4
Tobołki polne – *Thlaspi arvense*	-	1	8	-	-	2,3
Żółtlica drobnokwiatowa – *Galinsoga parviflora*	10	-	-	-	-	2,0
Skrzyp polny – *Equisetum arvense*	-	1	-	-	-	0,2
Razem	42	88	87	61	49	65,4

Źródło: opracowanie własne

Analiza bioróżnorodności przeprowadzona w zależności od powierzchni gospodarstwa wykazała, że najwięcej chwastów w łanie pszenicy stwierdzono w gospodarstwach o powierzchni 51-100 ha UR (125 szt./m^2), natomiast najmniej w gospodarstwach do 20 ha UR (36 szt./m^2). Podobne zależności wykazano we wcześniejszych badaniach autorów przeprowadzonych w gospodarstwach w woj. wielkopolskim (6). Zdaniem Feledyn-Szewczyk (7) oraz Bojarszczuk i in. (5) pszenica jest przedstawicielem zbóż ozimych charakteryzującym się największym zachwaszczeniem.

W uprawie jęczmienia i kukurydzy, najmniejszą liczebność gatunków niepożądanych zanotowano w gospodarstwach największych obszarowo (odpowiednio: 10 i 49 szt./m^2). Natomiast największe zachwaszczenie zanotowano w grupach gospodarstw o powierzchni 21-30 ha i 31-50 ha (odpowiednio dla jęczmienia: 76 i 65 szt./m^2 oraz dla kukurydzy: 88 i 87 szt./m^2). W uprawie rzepaku ozimego najmniej chwastów stwierdzono w dwóch grupach gospodarstw o powierzchni 10-20 i 21-30 ha UR.

Analiza składu florystycznego wykazała, że w uprawie pszenicy ozimej najliczniej występowały następujące taksony chwastów dwuliściennych: *S. media*, *L. purpureum*, *C. bursa-pastoris* oraz chwastów jednoliściennych: *A. spica-venti*, która stanowiła 10% populacji wszystkich występujących chwastów (tab. 2). Badania Berbecia i in. (4) dowiodły, że najliczniej występującymi gatunkami chwastów w zbożach ozimych uprawianych w systemie konwencjonalnym były: *S. pumila*, *E. crus-galli*, *S. arvensis*, *J. bufonius*, *E. repens* oraz *R. acetosella*.

W uprawie rzepaku ozimego dominowały głównie *A. spica-venti*, *C. cyanus* i *A. arvensis*, stanowiąc średnio 32% całej populacji gatunków niepożądanych (tab. 3). Badania Badowskiego i Gołębiowskiej (3) wykazały występowanie 42 gatunków chwastów na polach produkcyjnych rzepaku ozimego w rejonie Dolnego Śląska. Do najliczniej występujących gatunków w uprawie tej rośliny zaliczono: *V. arvensis, C. bursa-pastoris, S. media, E. repens, L. purpureum, T. arvense, G. aparine* oraz *A. spica-venti.*

W uprawie jęczmienia jarego najliczniej występującymi gatunkami niepożądanymi niezależnie od wielkości gospodarstwa były: *V. persica*, *S. media* i *A. spica-venti* (tab. 4). W badaniach Orzecha i in. (19) w zasiewach jęczmienia jarego uprawianego w systemie tradycyjnym szczególnie licznie występowało 5 taksonów chwastów: *C. bursa-pastoris, C. arvense, S. media, S. arvensis oraz Ch. album*.

Gatunkami towarzyszącymi w uprawie kukurydzy spośród chwastów jednoliściennych były głównie*: E. crus-galli* i *E. repens*. Natomiast spośród chwastów dwuliściennych: *V. arvensis*, *S. media*, *Ch. album*, *G. aparine* i *A. retroflexus* (tab. 5). Kieloch i in. (17) wykazali istotne interakcje pomiędzy wielkością gospodarstw w rejonie południowo-zachodniej Polski, a gatunkami chwastów w uprawie kukurydzy. Zdaniem autorów, wzrastający w ostatnich latach wpływ czynników organizacyjno-ekonomicznych na intensywność produkcji rolnej istotnie różnicował bioróżnorodność zachwaszczenia w uprawie tego gatunku. Istotnie mniejsze zachwaszczenie w łanie kukurydzy uprawianej na ziarno stwierdzono w gospodarstwach średnich (15-50 ha,

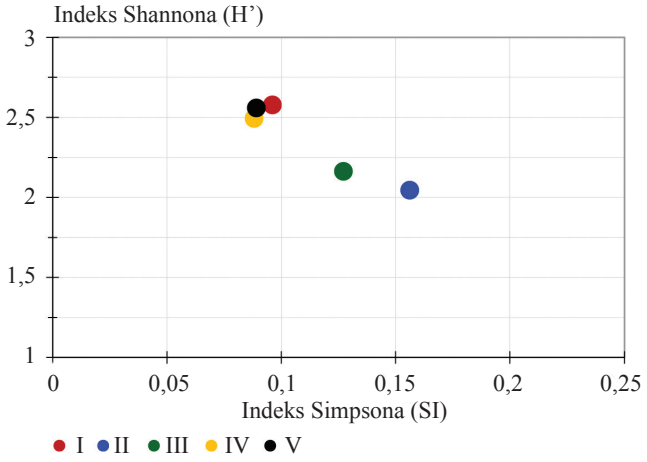
4-40 ESU) oraz dużych (powyżej 50 ha i 40 ESU). Autorzy wykazali, że niezależnie od wielkości gospodarstwa i typu gleby najliczniej występującymi taksonami były: *Ch. album* (średnio 308 szt./m^2) i *E. crus-galli* (średnio 417 szt./m^2). Gatunki te są określane jako dominujące w uprawie kukurydzy we wschodniej części Polski (9), w Danii (1) i południowo-wschodnich Niemczech (15). Badania Knežević i in. (16) dowodzą, że *E. crus-galli* jest dominującym gatunkiem chwastów w uprawie kukurydzy niezależnie od sposobu uprawy. Zdaniem Keller i in. (15) duża liczebność tych gatunków chwastów jest wynikiem prowadzenia intensywnej produkcji kukurydzy. Zdaniem Altop i Mennan (2) oraz Sadeghlo i in. (20), cechy genetyczne gatunków *E. crus-galli* i *Ch. album* powodują, że w dużym stopniu adaptują się do różnych typów gleb, warunków klimatycznych oraz praktyk rolniczych.

Liczne występowanie tych gatunków w uprawie kukurydzy zaobserwowali również Sobiech i in. (21) oraz Gołębiowska (11). Idziak i Woźnica (14) uznają wspomniane chwasty za typowe i uciążliwe w uprawie kukurydzy. Często uważa się, że duża liczebność wymienionych gatunków może być spowodowana wzrostem powierzchni uprawy kukurydzy oraz intensyfikacją produkcji roślinnej (12).

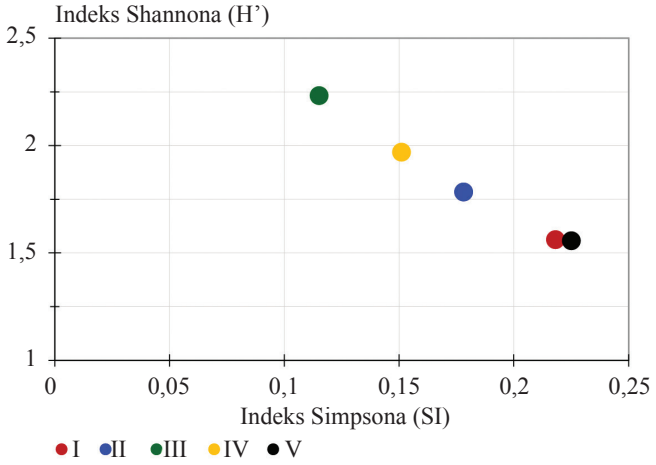
Różnorodność gatunkowa flory segetalnej mierzona wskaźnikiem różnorodności Shannona-Wiennera i indeksem dominacji Simpsona były zróżnicowane w zależności od gatunku rośliny uprawnej oraz wielkości gospodarstwa (rys. 2-5).

W uprawie pszenicy ozimej gospodarstwa o największej powierzchni (w zakresie 51-100 i powyżej 100 ha) charakteryzowały się wysoką wartością indeksu Shannona-Wienera (odpowiednio: H'=2,495 i H'= 2,511) i niską wartością indeksu Simpsona (odpowiednio: SI = 0,088 i SI=0,089). Gospodarstwa te jednocześnie charakteryzowały się największą liczbą oznaczonych gatunków chwastów (odpowiednio 12 i 14 taksonów), a także bogatym składem gatunkowym flory segetalnej (odpowiednio: 110 i 89 sztuk); (rys. 2).

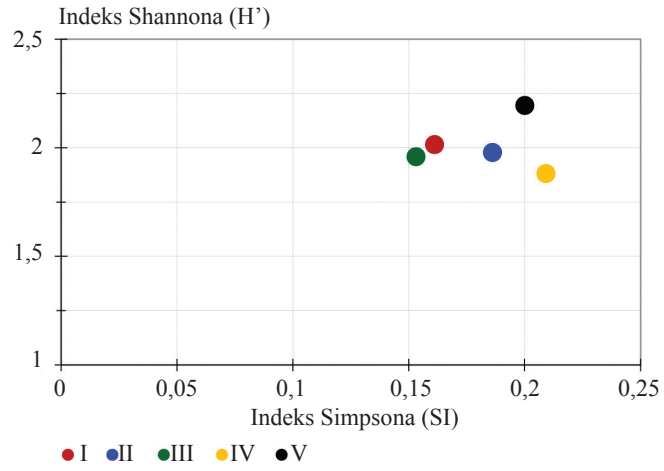
Spośród objętych analizą gatunków niepożądanych, najniższą różnorodnością, ocenianą za pomocą wskaźnika Shannona, charakteryzowało się zbiorowisko chwastów w uprawie jęczmienia jarego, w gospodarstwach o powierzchni w zakresie 10-20 ha oraz powyżej 100 ha UR (odpowiednio: H'=1,563 i H'=1,557). Gospodarstwa te charakteryzowały się również stosunkowo wysoką wartością indeksu Simpsona (odpowiednio: SI=0,218 i 0,220).W gospodarstwach najmniejszych obszarowo, dominującymi gatunkami były: *L. purpureum*i *G. aparine*, zaś w gospodarstwach o powierzchni powyżej 100 ha – *G. aparine* (rys. 3). W uprawie rzepaku ozimego najwyższy wskaźnik różnorodności Simpsona stwierdzono w dwóch grupach gospodarstw o największej powierzchni (odpowiednio SI = 0,209 i 0,200); (rys. 4). W uprawie kukurydzy najwyższe wartości indeksu dominacji Simpsona stwierdzono w gospodarstwach o powierzchni w zakresie 10-20 ha i powyżej 100 ha użytków rolnych (odpowiednio: SI=0,203 i SI=0,207). Świadczy to o dominacji w gospodarstwach najmniejszych: *E. crus-galli* i *G. parviflora*, zaś w gospodarstwach największych obszarowo: *Ch. album* i *A. retroflexus* (rys. 5).



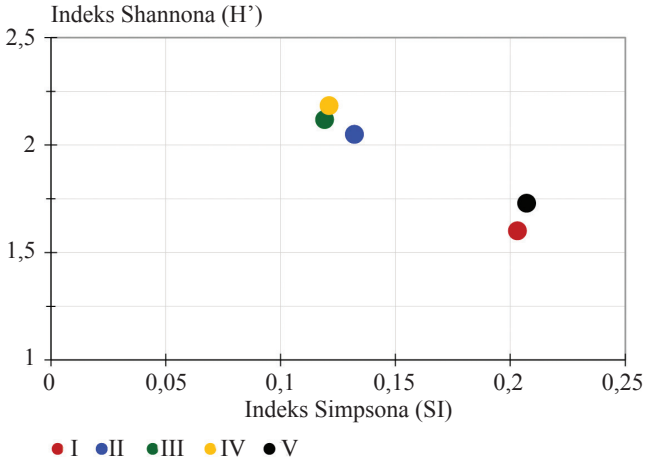
Rys. 2. Indeks bioróżnorodności Shannona i dominacji Simpsona w łanie pszenicy ozimej
Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Indeks bioróżnorodności Shannona i dominacji Simpsona w łanie jęczmienia jarego
Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Indeks bioróżnorodności Shannona i dominacji Simpsona w łanie rzepaku ozimego
Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Indeks bioróżnorodności Shannona i dominacji Simpsona w łanie kukurydzy
Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

W badanych gospodarstwach skład gatunkowy zbiorowisk chwastów różnił się w zależności od wielkości gospodarstwa oraz gatunku rośliny uprawnej. Niezależnie od gatunku rośliny bardziej liczne były chwasty dwuliścienne, które stanowiły w ogólnej liczebności chwastów średnio 84%. Najbardziej zachwaszczony był łan pszenicy ozimej, natomiast najmniej łan rzepaku ozimego. Najwięcej chwastów w łanach ozimych gatunków roślin stwierdzono w gospodarstwach największych obszarowo, natomiast najmniej w gospodarstwach do 20 ha użytków rolnych. Odwrotne

relacje stwierdzono w uprawie jarych form gatunków roślin. Ocena różnorodności biologicznej flory segetalnej za pomocą wskaźników różnorodności wykazała różnice pomiędzy poszczególnymi grupami gospodarstw. Zróżnicowane wartości wskaźników zbiorowisk chwastów są wynikiem stosunkowo dużej różnorodności gatunkowej we wszystkich grupach gospodarstw. Najliczniej występującymi gatunkami chwastów były w: pszenicy ozimej – miotła zbożowa, gwiazdnica pospolita, jasnota purpurowa; jęczmieniu jarym – przytulia czepna; rzepaku – chaber bławatek i rumian polny; kukurydzy – chwastnica jednostronna, komosa biała i szarłat szorstki.

Literatura

1. Andreasen C, Streibig JC.: Evaluation of changes in weed flora in arable fields of Nordic countries – based on Danish long-term surveys. Weed Res., 2011, **51**: 214-226.
2. Altop E.K., Mennan H.: Genetic and morphologic diversity of *Echinochloa crus-galli* populations from different origins. Phytoparasitica, 2011, **39**: 93-102.
3. Badowski M., Gołębiowska H.: Bioróżnorodność chwastów segetalnych towarzyszących uprawom rzepaku ozimego i kukurydzy na polach produkcyjnych Dolnego Śląska. Pam. Puł., 2009, **150**: 45-54.
4. Berbeć A., Radzikowski P., Stalenga J., Feledyn-Szewczyk B., Hajdamowicz I., Stańska M.: Ocena różnorodności flory segetalnej i owadów prostoskrzydłych w zbożach ozimych uprawianych w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Woda-Środowisko-Obszary wiejskie (X-XII), 2013, **4(44)**: 5-16.
5. Bojarszczuk J., Podleśny J., Nowak J.: Ocena różnorodności zbiorowisk segetalnych w łanach roślin uprawnych w wybranych gospodarstwach w województwie lubelskim. Prog. Plant Prot., 2018, **57(4)**: 266-271.
6. Bojarszczuk J., Podleśny J.: Różnorodność segetalna w łanach roślin uprawnych w wybranych gospodarstwach rolnych województwa wielkopolskiego. Prog. Plant Prot, 2019, **59(2)**: 137-148.
7. Feledyn-Szewczyk B.: Ocena różnorodności zbiorowisk segetalnych w roślinach uprawianych w wybranych gospodarstwach ekologicznych w województwie lubelskim. J. Res. App. Agric.Engin., 2012, **57(3)**: 63-72.
8. Giera A.: Bioróżnorodność w wybranych gospodarstwach rolnych zlokalizowanych na obszarach szczególnie narażonych. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego, 2012, **2**: 79-103.
9. Głowacka A.: Dominant weeds in maize (*Zea mays* L.) cultivation and their competitiveness under conditions of various methods of weed control. Acta Agrobot., 2011, **64**: 119-126.
10. Gołębiowska H.: Diversity of weed infestation depending on maize cropping system. Acta Sci. Pol., seria Agriculture, 2011, **10**: 13-23.
11. Gołębiowska H.: Problemy ograniczania chwastów wieloletnich w uproszczonej uprawie kukurydzy w warunkach Dolnego Śląska. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2012, **52(3)**: 556-562.
12. Gołębiowska H., Snopczyński T., Domaradzki K., Rola H.: Zmiany w zachwaszczeniu kukurydzy w południowo-zachodnim rejonie Polski w latach 1963–2013. Prog. Plant Prot., 2015, **55(3)**: 327-339.
13. Hawes C., Squire G.R., Hallett P.D., Watson CA., Young M.: Arable plant communities as indicator of farming practice. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2010, **138**: 17-26.
14. Idziak R., Woźnica Z.: Ocena efektywności adiuwantów olejowego i mineralnego w mieszaninach herbicydów Callisto 100 SC i Maister WG stosowanych w ochronie kukurydzy. Acta Sci. Pol., seria Agricultura, 2009, **8(1)**: 17-26.
15. Keller M., Bőhringer N., Mőhring J., Rueda-Ayala V., Gutjahr C., Gerhards R.: Long-term changes in weed occurrence, yield and use of herbicides in maize in south-western Germany,

with implications for the determination of economic thresholds. Weed Res., 2014, **54**: 457-466.
16. Knežević M, Durkić M, Knežević I., Lončarić Z.: Effects of pre- and post-emergence weed control on weed population and maize yield in different tillage systems. Plant Soil Environ., 2003, **49**: 223-229.
17. Kieloch R., Weber R., Gołębiowska H.: The effect of soil type and farm size on the variability of weed infestation in maize (*Zea Mays* L.) fields in the south-west region of Poland. Int. J. Pest Manag., 2018, **64(2)**: 95-101
18. Liebman M, Davis A.S.: Integration of soil, crops and weed management in low external-input farming system. Weed Res., 2000, **40**: 27-47.
19. Orzech K., Rychcik B., Stępień A.: Wpływ sposobów uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 2011, **28(2)**: 63-79.
20. Sadeghloo A., Asghari J., Ghaderi-Far F.: Seed germination and seedling emergence of Velvelleaf (*Abutilon theophrasti*) and Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Planta-Daninha, 2013, **31**: 259-266.
21. Sobiech Ł., Idziak R., Skrzypczak G., Szulc P., Grzanka M.: Bioróżnorodność zachwaszczenia w uprawie kukurydzy na glebie płowej. Prog. Plant Prot., 2018, **58(4)**: 282–287.
22. Zanin G., Mosca G., Catizone P.: A profile of the potential flora in maize fields of the Po Valley. Weed Res., 1992, **32**: 407-418.

Adres do korespondencji

dr Jolanta Bojarszczuk
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 796
e- mail: jbojarszczuk@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Jolanta Bojarszczuk	0000-0003-2065-344X
Janusz Podleśny	0000-0001-6757-8331

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 39-49 **2020**

Krzysztof Domaradzki

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

OGRANICZANIE DAWEK HERBICYDÓW JAKO ELEMENT INTEGROWANEJ OCHRONY ROŚLIN*

Słowa kluczowe: herbicydy, niższe dawki, skuteczność

Wstęp

Rolnicza działalność człowieka trwa od około 10 000 lat (8). Przez zdecydowaną większość tego czasu jedyną formą eliminacji chwastów było ich ręczne usuwanie. Aż do połowy XX wieku nie stosowano w praktyce innych sposobów odchwaszczania poza metodami mechanicznymi i agrotechnicznymi, które opierały się na wykorzystaniu uprawek pożniwnych i przedsiewnych, odpowiednim zmianowaniu, czyszczeniu materiału siewnego oraz pielęgnacji mechanicznej w trakcie wegetacji (21).

Pierwszą jaskółką, która wróżyła późniejszy rozwój środków chwastobójczych było odkrycie ograniczonego działania herbicydowego cieczy bordoskiej. Był to prosty fungicyd nieorganiczny sporządzany z siarczanu miedzi i wapna gaszonego, który w drugiej połowie XIX w. był używany we Francji do ochrony winorośli przed chorobami grzybowymi, a jego ubocznym działaniem było ograniczone hamowanie wzrostu niektórych chwastów (2).

Jednak prawdziwy początek chemicznej metodzie zwalczania chwastów dała synteza herbicydów organicznych z grupy dwunitro-o-krezoli, której dokonano w roku 1932 oraz odkrycie kwasów fenoksyoctowych (2,4-D i MCPA) w roku 1944. Związki te znalazły zastosowanie jako pierwsze selektywne herbicydy. Od połowy lat 50. XX w. następuje gwałtowny rozwój tej grupy środków ochrony roślin (17). Wprowadzenie w roku 1957 do użytku atrazyny wpłynęło na dynamiczny wzrost areału kukurydzy. W latach 60. XX w. wprowadzono na rynek pochodne mocznika (linuron, chlorotoluron), herbicydy amidowe (alachlor, propachlor) i środki do odchwaszczania buraka (chloridazon i fenmedifam). W następnej dekadzie pojawiają się herbicydy zawierające tak popularne substancje aktywne, jak glifosat, pendimetalina, izoproturon,

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

metamitron, chlopyralid, metazachlor, z których większość jest nadal używana. Znaczne ograniczenie dawek herbicydów oraz wycofanie starych, niebezpiecznych środków miało miejsce po roku 1979, gdy wprowadzono pierwszy herbicyd z grupy pochodnych sulfonylomocznika – chlorosulfuron. Lata 80. XX w. obfitują w dalsze nowe substancje z tej rodziny (tifensulfuron metylu, metsulfuron metylu, nikosulfuron, primisulfuron, amidosulfuron) oraz rozwój graminicydów (fluazyfop butylu, haloksyfop metylu, fenoksaprop etylu, cykloksidim) i imidazolin – środków o podobnym mechanizmie działania do sulfonylomoczników. Przełom XX i XXI w. to rozwój herbicydów sulfonylomocznikowych blokujących aktywność enzymów w syntezie białek roślinnych, znacznie bardziej bezpiecznych dla człowieka. Obecnie herbicydy z tej grupy to ponad 30 substancji aktywnych (3, 17).

Podsumowując można stwierdzić, że na przestrzeni ostatnich osiemdziesięciu lat nastąpił dynamiczny rozwój chemicznych środków chwastobójczych, które w tym czasie przeszły ewolucję od środków o wysokiej toksyczności, często stwarzających problemy roślinom następczym do środków bezpiecznych dla środowiska i konsumentów, o bardzo wyspecjalizowanych mechanizmach działania (12, 16).

Zmiany w koncepcji stosowania herbicydów

W latach 80. XX w. w krajach o bardzo intensywnym poziomie rolnictwa pojawiła się tendencja zmierzająca do racjonalnego ograniczenia stosowania środków ochrony roślin, a zwłaszcza herbicydów. Działania te wynikały z proekologicznej polityki lansowanej w krajach Unii Europejskiej i w Stanach Zjednoczonych, a związane były z wprowadzeniem nowej strategii w ochronie roślin, polegającej na zredukowaniu dawek oraz zmniejszeniu ilości zabiegów do niezbędnego minimum (4). Działania te były wyrazem troski o środowisko oraz zdrowie konsumentów i znalazły również usankcjonowanie w prawodawstwie Unii Europejskiej (20).

Jednym ze sposobów dążenia do ograniczania środków ochrony roślin było powstanie koncepcji rolnictwa zrównoważonego, którego głównym hasłem jest zaspokojenie aktualnych potrzeb żywnościowych społeczeństw, bez ograniczania tej możliwości przyszłym pokoleniom. Środki ochrony roślin stanowiąc integralną część zrównoważonej produkcji rolniczej, powinny być wykorzystane w taki sposób, aby zmniejszyć niepotrzebny ujemny wpływ na środowisko, ograniczyć ryzyko związane z ich stosowaniem dla aplikującego, zminimalizować ilość odpadów oraz zapewnić bezpieczeństwo konsumentom (15).

Z pojęciem rolnictwa zrównoważonego nieodłącznie związane jest gospodarowanie zgodne z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej z wykorzystaniem metod integrowanych w uprawie i ochronie roślin (1). Koncepcja ta powstała w połowie lat 80. XX w. i propaguje stosowanie środków ochrony roślin w sposób bezpieczny, ze szczególnym uwzględnieniem zdrowia ludzi, bezpieczeństwa dla środowiska, użycia minimalnych dawek zapewniających wymaganą skuteczność i dających jak najmniejsze pozostałości w produktach spożywczych (14).

W naszym kraju – na przełomie XX i XXI w. – główną przyczyną ograniczenia zużycia środków ochrony roślin była transformacja ustrojowa, która dotknęła również sektor rolniczy. Drastyczny wzrost cen środków produkcji w rolnictwie na początku lat 90. XX w., wymusił wprowadzenie redukcji kosztów produkcji, co zostało zrealizowane między innymi poprzez zmniejszenie zużycia środków ochrony roślin i nawozów. Obecnie sytuacja ta zmienia się w stronę większej intensyfikacji stosowania środków ochrony, lecz poziom ich zużycia w Polsce jest jeszcze znacznie niższy niż w krajach zachodnioeuropejskich, czy w Stanach Zjednoczonych (9).

Zgodnie z założeniami integrowanej ochrony roślin preparaty chemiczne są ostatnim elementem w tej technologii. Przed sięgnięciem po herbicydy należy wykorzystać cały szereg zabiegów alternatywnych wchodzących w skład ochrony integrowanej (7). W skład tych działań będą wchodziły metody mechaniczne (uprawki pożniwne i przedsiewne), metody agrotechniczne (zmianowanie, dobór roślin o dużej sile konkurencyjnej, użycie czystego materiału siewnego, właściwa norma wysiewu, międzyplony i mulczowanie) oraz metody biologiczne (naturalne patogeny, bioherbicydy); (13).

Założeniem integrowanej ochrony jest regulacja występowania agrofaga, poprzez sterowanie populacjami patogenów i chwastów, w celu ograniczania ich liczebności poniżej progów ekonomicznej szkodliwości (22). Zabieg chemiczny zawsze powinien być traktowany jako uzupełnienie innych metod, a o konieczności jego wykonania musi decydować nasilenie agrofaga i jego szkodliwość. Interwencja chemiczna będzie celowa tylko wtedy, gdy poziom zagrożenia będzie na tyle wysoki, że wartość utraconego plonu przewyższy koszty wykonania zabiegu ochrony roślin (18).

Czynniki wpływające na skuteczność zabiegu

Roślina uprawna pozbawiona opieki człowieka ustępuje miejsca chwastom, które są lepiej przystosowane do zróżnicowanych warunków siedliskowych i bez trudu wygrywają z nią współzawodnictwo o składniki pokarmowe, wodę i światło (19). Dlatego chwasty muszą być eliminowane z łanu. Zgodnie z założeniami integrowanej ochrony roślin użycie herbicydów jest końcowym elementem ochrony, który może być stosowany dopiero po wyczerpaniu wszystkich niechemicznych metod ograniczania zachwaszczenia. W takim przypadku herbicydy należy stosować tylko wtedy, kiedy jest to bezwzględnie konieczne czyli po przekroczeniu progów szkodliwości i stosować dawki na tyle niskie, na ile to możliwe (10).

W celu uzyskania najlepszej skuteczności herbicydów, zwłaszcza stosowanych w obniżonych dawkach, należy pamiętać, że ich efektywność uzależniona jest od kilku czynników takich, jak wrażliwość chwastu na stosowany preparat, faza rozwojowa chwastu, stan i stopień zachwaszczenia, kondycja rośliny uprawnej, warunki pogodowe, sprawność sprzętu do aplikacji i sposób zastosowania (6). Umiejętne powiązanie wiadomości dotyczących wpływu tych czynników z wiedzą na temat działania niższych dawek herbicydów, może zapewnić uzyskanie dobrej skuteczności chwastobójczej i wysokich plonów.

a) wrażliwość chwastu na stosowany herbicyd

Herbicydy powinny być stosowane jedynie przeciw wrażliwym gatunkom chwastów. Ich aplikacja na gatunki o słabszej wrażliwości spowoduje, że efektywność chwastobójcza będzie niezadowalająca zwłaszcza, gdy zostanie zastosowana niższa dawka środka. Dobrą ilustracją tego zjawiska jest porównanie skuteczności ograniczenia świeżej masy przytulii czepnej (*Galium aparine*) przez fluroksypyr i tribenuron metylu. Pierwsza z substancji aktywnych skutecznie działała na ten gatunek nawet w dawkach ograniczonych od 25 do 75% w stosunku do pełnej zalecanej, natomiast druga wykazywała bardzo niską skuteczność nawet w przypadku dawki pełnej (tab. 1).

Inaczej przedstawiała się sytuacja, gdy chwast był wrażliwy – np. gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*). Wtedy obydwa herbicydy zwalczały go bardzo skutecznie, nawet w wypadku ograniczenia ich dawki aż o 75% (tab. 2).

Tabela 1

Ograniczenie świeżej masy (%) przytulii czepnej (faza 2-3 okółki liści) przez różne dawki badanych herbicydów

Herbicyd	Ograniczenie świeżej masy (%)			
	100% dawki	75% dawki	50% dawki	25% dawki
Fluroksypyr	95,4	94,0	93,9	89,7
Tribenuron metylu	51,6	52,7	27,2	10,4

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

Tabela 2

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej (faza 6-8 liści) przez różne dawki badanych herbicydów

Herbicyd	Ograniczenie świeżej masy [%]			
	100% dawki	75% dawki	50% dawki	25% dawki
Fluroksypyr	97,0	96,6	96,2	94,6
Tribenuron metylu	97,8	97,7	97,4	97,3

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

b) faza rozwojowa chwastu

Zazwyczaj pewien spadek skuteczności herbicydów występuje, gdy chwasty stają się bardziej zaawansowane w rozwoju. Najbardziej wrażliwe są chwasty młode, najczęściej w fazie od liścieni do 4 liści, natomiast rośliny starsze niszczone są słabiej. Dobrym tego przykładem są badania, w których rumian polny (*Anthemis arvensis*) był traktowany herbicydami zawierającymi tribenuron metylu i mieszaninę mekoprop + MCPA + dikamba oraz przytulia czepna (*Galium aparine*) opryskiwana tribenuronem metylu (tab. 3). Od tej zasady może się jednak zdarzyć wyjątek. W doświadczeniach obserwowano niekiedy wyższą skuteczność herbicydów nie w przypadku chwastów najmłodszych, tj. będących w fazie liścieni, lecz u roślin nieco starszych mających wykształcone pierwsze liście właściwe, jak miało to miejsce, gdy aplikowano herbicyd zawierający mieszaninę mekoprop + MCPA + dikamba przeciwko przytulii czepnej. W tym przypadku można to wytłumaczyć lepszym wnikaniem substancji aktywnej środka przez liście właściwe, niż przez skórzaste, pokryte woskowym nalotem liścienie.

Tabela 3

Ograniczenie świeżej masy chwastów (%) w zależności od ich fazy rozwojowej

Herbicyd	Dawka	Przytulia czepna			Gwiazdnica pospolita			Rumian polny		
		liścienie – 1.okółek	2-3 okółki	4-5 okółków	2-4 liście	6-8 liści	10-12 liści	2-4 liście	6-8 liści	10-12 liści
Tribenuron metylu	100%	96,3	51,6	30,7	100	97	98,3	98,9	67,2	62,3
Mekoprop + MCPA + dikamba	100%	84,2	92,8	89,7	100	97,4	96,5	88,9	80,5	67,6

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

c) stopień zachwaszczenia

Ważnym czynnikiem wpływającym na efektywność ochrony chemicznej jest nasilenie występowania chwastów w łanie rośliny uprawnej. Im mniej chwastów zachwaszcza plantację tym wyższa skuteczność stosowanych herbicydów. Wynika to z faktu, że chwastobójcze działanie herbicydu wspomagane jest przez oddziaływanie konkurencyjne ze strony rośliny uprawnej, które słabnie wraz we wzrostem zachwaszczenia. Oczywiście różnice w skuteczności nie są duże. W prowadzonych doświadczeniach wynosiły one od 3 do 10% (tab. 4).

Tabela 4

Skuteczność chwastobójcza (%) herbicydów w zależności od stopnia występowania wybranych gatunków chwastów

Herbicyd	Dawka (l, kg/ ha)	Przytulia czepna				Gwiazdnica pospolita			
		< 10 szt/m^2	11-20 szt/m^2	21-50 szt/m^2	>50 szt/m^2	< 10 szt/m^2	11-20 szt/m^2	21-50 szt/m^2	>50 szt/m^2
Mekoprop + MCPA + dikamba	100%	98	97	95	94	100	96	96	94
Fluroksypyr	100%	100	99	97	91	100	99	95	90

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

d) obsada i stan rośliny uprawnej

Roślina uprawna rosnąca w optymalnej obsadzie, w warunkach zapewniających jej właściwy rozwój i zdrowotność oraz potencjalnie wysoki poziom plonowania, posiada mechanizm obronny, jakim jest jej oddziaływanie konkurencyjne w stosunku do chwastów występujących w łanie. Obniżenie obsady sprzyja bujniejszemu wzrostowi chwastów. W przypadku spadku obsady pszenicy ozimej o połowę, z 450 szt/m^2 do 225 szt/m^2 obserwowano wzrost świeżej masy przytulii czepnej aż o 44,4%, ponadto wystąpił kilkuprocentowy spadek skuteczności herbicydów, szczególnie w przypadku zastosowania obniżonych dawek (tab. 5).

Tabela 5

Ograniczenie świeżej masy (%) przytulii czepnej przez różne dawki herbicydów w zależności od obsady pszenicy ozimej

Herbicyd	Dawka	Obsada pszenicy ozimej w szt/m^2	
		225 roślin/m^2	450 roślin/m^2
Obiekt kontrolny	-	155,8 g/m^2*)	107,9 g/m^2*)
Mekoprop + MCPA + dikamba	100%	95,7	97,1
	75%	89,8	94,6
	50%	79,5	84,1
	25%	54,1	57,2
Fluroksypyr	100%	99,0	100
	75%	97,6	98,8
	50%	95,4	97,2
	25%	89,7	89,9

*) – świeża masa przytulii czepnej

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

e) warunki pogodowe

- **temperatura powietrza**

Temperatura powietrza wywiera znaczący wpływ na skuteczność działania herbicydów. Ważna jest nie tylko wartość tego parametru w trakcie aplikacji środków, ale również okres pierwszych 2 tygodni po zabiegu. Dla większości herbicydów optimum temperaturowe mieści się w przedziale od 10^{o}C (rzadziej 5^{o}C) do 20^{o}C. Każdy spadek oraz wzrost temperatury może wpływać na zmiany skuteczności chwastobójczej. Dobrym tego przykładem są wyniki badań nad oceną wpływu temperatury na skuteczność zwalczania gwiazdnicy pospolitej przez herbicydy zawierające fluroksypyr i tribenuron metylu. Najlepszą skuteczność obserwowano dla temperatury ze średniego zakresu (16,5^{o}C w dzień i 8^{o}C w nocy) (tab. 6). Wzrost temperatury do 25^{o}C w dzień i 16,5^{o}C w nocy, powodował minimalny spadek skuteczności o 2-3%. W przypadku niskich temperatur (8^{o}C w dzień i 2^{o}C w nocy) wystąpiło wyraźne obniżenie skuteczności. Tribenuron metylu działał słabiej o 18-22%, natomiast fluroksypur był mniej efektywny aż o 34-44%.

Tabela 6

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej przez różne dawki herbicydów w zależności od temperatury powietrza.

Herbicyd	Dawka	Temperatura ^{o}C (dzień/noc)		
		25/16,5	16,5/8	8/2
Fluroksypyr	100%	92,5	94,4	60,4
	50%	88,9	91,7	48,0
Tribenuron metylu	100%	95,4	98,4	80,2
	50%	95,0	98,0	76,9

Źródło: Kieloch, 2004 (11)

- **wilgotność powietrza**

W przypadku niektórych gatunków chwastów również względna wilgotność powietrza może mieć wpływ na skuteczność ich zwalczania, ponieważ od niej uzależnione jest wnikanie herbicydu do rośliny. Chwasty o liściach pokrytych grubą warstwą kutikuli, jak np. rumian polny lepiej wchłaniają herbicyd, gdy wilgotność jest wyższa. Prawidłowość ta została potwierdzona w badaniach, w których zastosowano tribenuronu metylu. Czynnik ten nie odgrywa większej roli, gdy kutikula liścia jest cienka, jak np. u gwiazdnicy pospolitej. Chwast ten wykazał się dużą wrażliwością na stosowany herbicyd niezależnie od poziomu wilgotności względnej powietrza (tab. 7).Odmienna sytuacja wystąpiła w odniesieniu do rumianu polnego. Chwast ten był znacznie słabiej zwalczany przez tribenuron metylu w warunkach niskiej wilgotności powietrza. Różnice te wynosiły od 35 do 42% (tab. 7).

Tabela 7

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej i rumianu polnego przez herbicyd Granstar 75 WG w zależności od wilgotności względnej powietrza

Herbicyd	Dawka na ha	Gwiazdnica pospolita		Rumian polny	
		90% wilg.	50% wilg.	90% wilg.	50% wilg.
Tribenuron metylu	100%	98,4	99,0	91,3	56,0
	50%	98,5	98,8	91,3	49,4

Źródło: Kieloch, 2004 (11)

f) dodatek adjuwanta

Adjuwant jest dodawany do herbicydu w celu wzrostu skuteczności jego działania. W przypadku chwastów bardzo wrażliwych lub będących w bardzo młodych fazach rozwojowych dodatek adjuwanta zazwyczaj nie przynosi zauważalnych efektów. Celowe jest jego stosowanie, gdy chwasty charakteryzują się nieco niższą wrażliwością, są zaawansowane w rozwoju lub warunki pogodowe odbiegają od optymalnych. W tabeli 8 przedstawiono wyniki badań nad wpływem dodatku adjuwanta na skuteczność niszczenia gwiazdnicy pospolitej i rumianu polnego przez tribenuron metylu. Wskazują one, że gwiazdnica pospolita charakteryzuje się dużą wrażliwością na tę substancję aktywną i dodawanie adjuwanta jest w tym przypadku zbędne. Zdecydowanie inaczej wyglądała sytuacja w przypadku zwalczania rumianu polnego. Herbicyd zastosowany z adiuwantem (Trend 90 EC lub Olbras 88 EC) działał zdecydowanie skuteczniej niż aplikowany samodzielnie (tab. 8).

Tabela 8

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej i rumianu polnego przez tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adjuwantem

Herbicyd	Dawka na ha	Gwiazdnica pospolita	Rumian polny
Tribenuron metylu	100%	99,0	56,0
Tribenuron metylu + adjuwant	100% + 100%	99,2	93,0

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

g) stosowanie herbicydów samodzielne i w mieszaninach

W przypadku, gdy dany herbicyd ma zbyt wąskie spektrum chwastobójcze i słabiej eliminuje jeden lub kilka gatunków chwastów, wskazane jest zastosowanie go w mieszaninie z innym środkiem chwastobójczym. Zwykle wówczas nie stosuje się pełnych zalecanych dawek obydwu komponentów mieszaniny, lecz ogranicza się je o 30-50%. Takie rozwiązanie pozwala lepiej zwalczać mniej wrażliwe gatunki chwastów oraz zwiększyć ogólną skuteczność chwastobójczą mieszaniny. Na przykład tribenuron metylu stosowany samodzielnie w niewystarczającym stopniu eliminuje przytulię czepną oraz samosiewy rzepaku. Zastosowanie tej substancji w mieszaninie z fluroksypyrem powoduje zauważalny wzrost skuteczności niszczenia tych gatunków, pomimo obniżenia dawek poszczególnych komponentów (tab. 9). Podobna sytuacja występuje w przypadku amidosulfuronu, który stosowany samodzielnie jest nie w pełni skuteczny w stosunku do bratka polnego i samosiewów rzepaku, natomiast zastosowanie tej substancji aktywnej w mieszaninie z tribenuronem metylu pozwala skutecznie zwalczyć obydwa gatunki (tab. 9).

Tabela 9

Skuteczność chwastobójcza tribenuronu metylu i amidosulfuronu stosowanych samodzielnie i w mieszaninach z innymi substancjami aktywnymi

Herbicyd	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów w %							
		ogółem	przytulia czepna	gwiazdnica pospolita	stulicha psia	bratek polny	rdest powojowy	przetacznik perski	samosiewy rzepaku
Tribenuron metylu	100%	90	75	99	99	100	99	99	60
Tribenuron metylu +fluroksypyr	60% + 62,5%	95	89	100	100	99	99	99	80
Amidosulfuron	100%	83	95	97	87	62	99	60	80
Amidosulfuron + tribenuron metylu	50% + 60%	93	96	100	100	100	100	83	75
Amidosulfuron + fluroksypyr	50% + 62,5%	89	97	96	95	72	100	80	80

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

Podsumowanie

Reasumując można stwierdzić, że zmniejszenie dawki herbicydu nie zawsze musi prowadzić do obniżenia skuteczności chwastobójczej. Również stosowanie pełnych zalecanych dawek środków nie gwarantuje zawsze oczekiwanej, wysokiej efektywności zabiegu. Końcowy efekt chwastobójczy uzależniony jest od szeregu czynników. Ich uwzględnienie pomoże uzyskać wysoką skuteczność zabiegu, nawet w przypadku ograniczenia dawki herbicydu.

Zróżnicowana wrażliwość gatunkowa chwastów na substancje aktywne środków chwastobójczych powoduje, że gatunek słabo reagujący na jedną z nich może być skutecznie wyeliminowany po zastosowaniu innej, o odmiennym mechanizmie działania.

Bardzo ważnym elementem w ochronie przeciw chwastom jest optymalne zagęszczenie łanu rośliny uprawnej oraz stopień jego zachwaszczenia. Obniżenie obsady sprzyja bujniejszemu wzrostowi chwastów, ze względu na słabsze oddziaływania konkurencyjne. Na polach o większym nasileniu chwastów obserwowano również wyraźny spadek skuteczności działania badanych herbicydów postępujący wraz z ograniczaniem ich dawki oraz ze wzrostem zachwaszczenia.

Bardzo ważnym czynnikiem decydującym o skuteczności działania herbicydów jest faza rozwojowa chwastu. Zazwyczaj najwrażliwsze są chwasty w fazie od liścieni do 4 liści, natomiast im rośliny są starsze, tym słabiej reagują na herbicyd. Zabieg wykonany w okresie największej wrażliwości chwastu umożliwia obniżenie ilości zastosowanego środka, natomiast niszczenie chwastów starszych wymaga wyższych dawek.

Istotnym czynnikiem wpływającym na ograniczenie dawek stosowanych herbicydów, z jednoczesnym zachowaniem wysokiej skuteczności, mogą być adiuwanty. Wyniki doświadczeń dowodzą, że dodatek adiuwanta był w pełni celowy, gdy herbicyd stosowano w dawkach ograniczonych lub przeciwko gatunkom o mniejszej wrażliwości.

Herbicydy stosowane pojedynczo, w wielu przypadkach posiadają zbyt wąskie spektrum działania na chwasty. Zaradzić temu można poprzez stosowanie mieszanin herbicydowych. Takie rozwiązanie najczęściej pozwala lepiej zwalczać gatunki słabiej eliminowane przez pojedynczy herbicyd oraz zwiększyć ogólną skuteczność chwastobójczą.

W celu zapewnienia oczekiwanych efektów chwastobójczych zabieg herbicydowy zawsze musi być wykonany w sprzyjających warunkach pogodowych. Zarówno temperatura po aplikacji środka, jak i wilgotność powietrza w trakcie zabiegu odgrywają kluczową rolę w absorbowaniu środka przez chwasty.

Uwzględnienie tych zależności pozwoli na osiągnięcie właściwej skuteczności zwalczania chwastów, nawet w przypadku stosowania obniżonych dawek herbicydów.

Literatura

1. Adamczewski K., Stachecki S.: Dobra praktyka ochrony roślin w zwalczaniu chwastów. W: Mat. Konf. Dobre praktyki w produkcji rolniczej. IUNG Puławy, 1998, **1**: 5-13.
2. Aftalion F.: A history of the international industry. University of Pennsylvania Press. 1991, ss. 440.
3. Aspelin A. L.: Pesticide usage in the United States: Trends During the 20th Century. Center for Integrated Pest Management, North Carolina State University, Raleigh, 2003, ss. 213.
4. Baandrup M., Ballegaard T.: Three years field experience with an advisory computer system applying factor-adjusted doses. The BCPC Conference – Weeds, 1989, **2**: 555-560.
5. Domaradzki K.: Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczania dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych. Monografie i Rozprawy Naukowe, 2006, **17**: ss. 111.
6. Domaradzki K., Rola H.: Ekologiczno-agronomiczne aspekty stosowania niższych dawek herbicydów w regulacji zachwaszczenia zbóż. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2001, **41(1)**: 229-239.
7. Edwards C. A., Regnier E. E.: Designing integrated low-input farming systems to achieve effective weed control. The BCPC Conference – Weeds, 1989, **2**: 585-590.
8. Hay J.R.: Gain to the grower from weed science. Weed Sci., 1974, **22(5)**: 439-442.
9. Jankowiak J., Bieńkowski J., Holka M., Dąbrowicz R.: Zużycie środków ochrony roślin na tle zmian w produkcji rolniczej. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2012, **52(4)**: 1177-1183.
10. Jensen J.E.: Weed control: presence and future – the Danish view. J. Plant Diseases Prot., 2004, Sp. Issue **XIX**: 19-26.
11. Kieloch R.: Wpływ temperatury powietrza na skuteczność działania herbicydów. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2004, **44(2)**: 812-815.
12. Klingman G. C., Ashton F. M., Noordhoff L. J.: Weed science: Principles and practices. A Wiley – Interscience Publication. John Wiley & Sons, USA, 1982: ss. 449.
13. Lee H. C.: Non-chemical weed control in cereals. The BCPC Conference – Weeds, 1995, **3**: 1161-1170.
14. Lipa J. J., Bartkowski J.: Dobra Praktyka Ochrony Roślin – rekomendacje EPPO. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 1996, **36 (1)**: 81-87.
15. Michel C., Koch-Achelpohler V.: Rolnictwo zrównoważone potrzebuje ochrony roślin. European Crop Prot. Ass., Brusseles, 2002: 1-5.
16. Olszak R., Pruszyński S., Lipa J.J., Dąbrowski Z. T.: Rozwój koncepcji i strategii wykorzystania metod oraz środków ochrony roślin.Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2000, **40 (1)**: 40-50.
17. Praczyk T., Skrzypczak G.: Herbicydy. PWRiL, Poznań, 2004, ss. 274.
18. Rola H.: Zjawisko konkurencji wśród roślin i jej skutki na przykładzie wybranych gatunków chwastów występujących w pszenicy ozimej. IUNG Puławy, 1982, **R(162)**: 1-63.
19. Rola J.: Ekologiczno-ekonomiczne podstawy chemicznej walki z chwastami na polach uprawnych. Mat. XXXI Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, 1991, **1**: 110-124.
20. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 309).
21. Timmons F. L.: A History of Weed Control in the United States and Canada. Weed Sci., 2005, **53**: 748-761.

22. Zwerger P.: Integrated weed management in developed nations. Proc. 2nd International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 1996: 933-942.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Krzysztof Domaradzki
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli
IUNG-PIB
ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław
tel. 71 363 87 07, w.106
e-mail: k.domaradzki@iung.wroclaw.pl

AUTOR	ORCID
Krzysztof Domaradzki	0000-0002-3137-1467

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 51-63 **2020**

Renata Kieloch

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

WPŁYW ODMIANY I AGROTECHNIKI NA KSZTAŁTOWANIE ZACHWASZCZENIA UPRAW ROLNICZYCH*

Słowa kluczowe: liczebność chwastów, skład gatunkowy zachwaszczenia, konkurencyjność upraw, glebowy bank nasion, czynniki agrotechniczne

Wstęp

Ochrona upraw przed chwastami jest znaczącym elementem technologii produkcji roślinnej mającym na celu zapobieganie lub zminimalizowanie strat w plonach powstałych w wyniku konkurencyjnego działania chwastów na roślinę uprawną. Postęp w rolnictwie, intensyfikacja produkcji roślinnej, czynniki organizacyjno-ekonomiczne oraz rozwój przemysłu chemicznego przyczyniają się do tego, że herbicydy są najbardziej popularnym środkiem służącym do utrzymania pól uprawnych w stanie wolnym od chwastów. Za stosowaniem herbicydów przemawia fakt, że są one łatwo dostępne, wysoce skuteczne, a na efekty ich działania nie trzeba długo czekać. W dodatku liczba substancji aktywnych herbicydów bądź ich fabrycznych mieszanin pozwala dobrać odpowiedni środek niemal na każdy rodzaj zachwaszczenia. Stosowanie środków ochrony roślin posiada również ujemne strony, ponieważ przyczynia się do skażenia gleb, wód i płodów rolnych oraz zmniejszenia bioróżnorodności agroekosystemów.

Ze względu na zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska naturalnego, jakie niesie ze sobą stosowanie chemiczna ochrona upraw, polityka państw Unii Europejskiej ukierunkowana jest na podejmowanie działań mających na celu ograniczenie ilości tych środków wprowadzanych na pola uprawne. Wyrazem tego jest obowiązująca w Polsce od 01.01.2014 Ustawa o integrowanej ochronie roślin (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1107/2009, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE). Zakłada ona, że w celu ograniczenia występowania agrofagów należy w pierwszej kolejności wykorzystać wszystkie inne

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

metody, natomiast stosowanie pestycydów ograniczyć do minimum. Z tego względu priorytetem powinny stać się wszelkie działania profilaktyczne, które minimalizują zachwaszczenie pól uprawnych, co może skutkować ograniczeniem stosowania herbicydów.

Zbiorowisko chwastów na danym polu podlega dynamicznym zmianom w wyniku stosowania różnych praktyk rolniczych. Liczebność populacji chwastów oraz jej skład gatunkowy jest kształtowany poprzez dwa główne czynniki – konkurencję rośliny uprawnej oraz glebowy bank nasion, które w mniejszym lub większym stopniu zależą od poszczególnych elementów agrotechniki takich jak: płodozmian, nawożenie, uprawa gleby, termin i gęstość siewu, dobór odmiany. Właściwie dobrana agrotechnika ma na celu zwiększenie konkurencyjności upraw w stosunku do chwastów oraz ograniczenie zasobności glebowego banku nasion chwastów.

Wybór odmiany a stan zachwaszczenia

Znaczenie odmiany w ograniczaniu zachwaszczenia upraw polega na wykorzystaniu jej potencjału konkurencyjnego w stosunku do chwastów. Wynika on z cech budowy morfologicznej roślin, tj. wysokość roślin, wielkość i kąt ustawienia blaszek liściowych oraz właściwości fizjologicznych, tj. tempo wschodów i wzrostu początkowego, a także wczesność dojrzewania (7, 15). Kluczową rolą w ograniczaniu zachwaszczenia pełnią te cechy odmian, które decydują o zakryciu międzyrzędzi. Im bardziej zacieniona jest powierzchnia gleby w łanie, tym mniej dogodne są warunki do wschodu chwastów. Ograniczony jest bowiem dostęp światła do powierzchni gleby, na której zgromadzone są nasiona i siewki wschodzących chwastów (1). Istnieje zależność pomiędzy zacienieniem powierzchni gleby a składem gatunkowym chwastów na danym polu. Jest to podyktowane reakcją poszczególnych gatunków na deficyt światła. Gatunki tolerancyjne na zacienienie, np. *Capsella bursa-pastoris*, mogą licznie występować nawet na polach utrzymanych w wysokiej kulturze, na których roślina uprawna stanowi dużą konkurencję dla wschodzących chwastów (42).

Za zdolności konkurencyjne odmian nie jest odpowiedzialna pojedyncza cecha, lecz wynikają one z całokształtu cech morfologicznych i fizjologicznych. W IUNG-PIB w Puławach prowadzone są badania nad oceną zachwaszczenia różnych odmian pszenicy. Między innymi oceniano cechy biometryczne dwóch odmian pszenicy zwyczajnej (Kobra i Mewa) oraz pszenicy orkisz (Schwabenkorn) na liczebność chwastów w ich uprawach (tab. 1). Uzyskane rezultaty wykazały, że pszenica orkisz odznaczała się najlepszymi zdolnościami konkurencyjnymi w stosunku do chwastów. W porównaniu do odmian pszenicy zwyczajnej, rośliny orkiszu wytworzyły większe liście, osiągnęły wyższy wzrost i lepiej się krzewiły, w związku z czym lepiej ograniczały liczebność chwastów w łanie (15). Ten gatunek pszenicy był powszechnie uprawiany w czasach, kiedy jeszcze nie stosowano herbicydów, w związku z czym musiał odznaczać

się właściwościami uzdalniającymi go do zagłuszania chwastów pojawiających się w łanie. Obecnie orkisz doskonale nadaje się do upraw ekologicznych, ponieważ dzięki wysokiej zdolności do supresji chwastów, nie wymaga stosowania chemicznych środków chwastobójczych.

Tabela 1

Cechy wzrostu i rozwoju odmian pszenicy ozimej oraz ich zachwaszczenie w fazie krzewienia

Wyszczególnienie	Kobra	Mewa	Schwabenkorn
Powierzchnia liści (cm^2)	33,6	33,6	53,3
Rozkrzewienie	3,6	4,2	5,7
Wysokość (cm)	13,1	13,3	15,4
Sucha masa pszenicy ($g \cdot m^{-2}$)	53,0	65,0	86,0
Zachwaszczenie ($szt. \cdot m^{-2}$)	220	239	188

Źródło: Feledyn-Szewczyk i Duer, 2006 (15)

Konkurencyjność odmian może wynikać również z ich zróżnicowanych zdolności allelopatycznych. Zjawisko allelopatii polega na wytwarzaniu przez roślinę swoistych substancji chemicznych, które uwalniane do środowiska poprzez ulatnianie, wydzieliny korzeniowe lub rozkład resztek pożniwnych działają na inne organizmy. W wydzielinach korzeniowych zbóż można znaleźć takie związki jak: gramina, kwasy fenolowe, skopoletyny, natomiast w roślinach kapustnych glukozynolany, a w słoneczniku skopoletyny, kwasy fenolowe (4, 6, 23). Odmiany jednego gatunku różnią się pod względem rodzaju wytwarzanych substancji fitotoksycznych, jak również ich stężenia w całej roślinie i/lub poszczególnych organach roślinnych (4, 5, 41). Wykazano, że istnieją różnice między genotypami w ograniczaniu zachwaszczenia dzięki wykorzystaniu ich potencjału alleopatycznego. W doświadczeniach z sześcioma odmianami rzepaku różnice pomiędzy odmianami w hamowaniu wzrostu życicy rocznej wahały się od 0 do 45% (5). Wykazano również zróżnicowanie w ograniczaniu liczebności chwastów dla ośmiu badanych odmian słonecznika, które wahało się w bardzo szerokim zakresie, tj. 10-87% (4).

Uprawa wysoce konkurencyjnych odmian, dzięki ograniczeniu liczebności chwastów, pozwala zmniejszyć stosowanie herbicydów. Badania prowadzone na terenie Grecji wykazały, że w uprawie bardziej konkurencyjnych odmianach pszenicy możliwe jest 50-procentowe obniżenie wysokości zalecanych dawek (39). Z kolei w krajowych badaniach nad stosowaniem zredukowanych dawek chlorosulfuronu w dwóch zróżnicowanych pod względem wysokości roślin odmianach pszenżyta ozimego nie dowiedziono różnic zarówno w stopniu zachwaszczenia, jak również w zniszczeniu chwastów (25).

Zdolności odmian do redukcji zachwaszczenia mogą być pełniej wykorzystane w zasiewach mieszanych międzyodmianowych. Uważa się, że rośliny uprawiane w mieszance, zarówno międzygatunkowej jak również międzyodmianowej, są bardziej

konkurencyjne w stosunku do chwastów ze względu na lepsze wykorzystanie zasobów siedliska. W mieszance międzyodmianowej jęczmienia jarego zachwaszczenie było mniejsze o 21% w porównaniu z siewem czystym (40).

Konkurencyjność odmian posiada niewielkie znaczenie w pracach hodowlanych, a główny nacisk kładzie się na wysokość i jakość plonów, natomiast problem zachwaszczenia może być rozwiązany za pomocą herbicydów.

Siew roślin

Konkurencyjność odmian w stosunku do chwastów jest ściśle powiązana z warunkami siewu, tj. gęstością oraz terminem, a także rozstawą rzędów. Są to czynniki decydujące o zwarciu łanu, a tym samym o kiełkowaniu, wschodach chwastów i ich wzroście w łanie.

Siew zagęszczony i/lub w wąskich rzędach ogranicza zachwaszczenie poprzez redukcję ilości energii świetlnej docierającej do powierzchni gleby. W roślinach uprawianych w wąskich rzędach łan jest bardziej zwarty, co ogranicza wschody chwastów. Odmiany w różnym stopniu reagują na zróżnicowaną gęstość siewu nie tylko pod względem plonowania, lecz również zdolności do zagłuszania chwastów. W doświadczeniach prowadzonych w IUNG-PIB w Puławach, w których porównywano stopień zachwaszczenia dwóch odmian pszenicy ozimej (Tonacja i Kobra) w zależności od gęstości siewu – siew rzadki 200 szt./m^2 i standardowy – 400 szt./m^2, tylko odmiana Tonacja zareagowała na zróżnicowaną gęstość siewu. W warunkach siewu rzadkiego zaobserwowano o 47% wyższą liczebność chwastów w tej odmianie w porównaniu z siewem standardowym (26).

Odpowiednio dobrana norma wysiewu może znacznie ograniczyć zachwaszczenie upraw. W badaniach Buczka i in. (10) uzyskano redukcję masy i liczby chwastów odpowiednio o ok. 50% i 60% dla siewu zagęszczonego w porównaniu z siewem rzadkim. Ograniczenie liczebności chwastów w warunkach zwiększonej ilości siewu (250 w porównaniu z 150 i 200 ziarniaków na 1 m^2) zaobserwowano również w doświadczeniach z orkiszem (tab. 2). Gęstość siewu nie miała jednak istotnego wpływu na ograniczenie masy chwastów, gdy zastosowano wyższe nawożenie azotowe (3).

Tabela 2

Wpływ gęstości siewu pszenicy ozimej na zachwaszczenie (średnia 2005-2007)

Gęstość siewu (liczba kiełkujących ziarniaków na 1 m^2)	Liczba chwastów (szt./m^2)	Masa chwastów (g/m^2)
250	86,4	62,8
350	69,6	51,8
450	38,1	41,5
550	35,7	31,1

Źródło: Buczek i in., 2011 (10)

W celu określenia zależności w układzie odmiana x parametry siewu wykorzystywane są modele matematyczne mające na celu opracowanie optymalnych kombinacji, tak aby ograniczyć zachwaszczenie i uzyskać możliwie wysokie plony. Opracowano m.in. model dla układu pszenica ozima – wyczyniec polny (*Alopecurus myosuroides*) (2). Autorzy twierdzą, że za konkurencyjność uprawy w stosunku do chwastów odpowiedzialne jest współdziałanie terminu i gęstości siewu oraz właściwości odmiany. Jednak korzyści wynikające z wyboru odmiany bardziej konkurencyjnej maleją gdy pszenicę wysiano w późniejszym terminie i w większej obsadzie roślin.

Płodozmian

Właściwy płodozmian pełni ważną funkcję w ograniczaniu agrofagów na polach uprawnych, w tym również liczebności chwastów. Uważa się, że spośród czynników agrotechnicznych kształtujących zachwaszczenie upraw, to właśnie płodozmian odgrywa wiodącą rolę (22, 32, 35). Powinien on uwzględniać różnorodne gatunki biorąc pod uwagę klasę botaniczną, termin siewu, rozstawę rzędów. Im bardziej jest on zróżnicowany, tym uprawy są mniej zachwaszczone niż w płodozmianie uproszczonym. Za jedną z przyczyn tego stanu upatruje się fakt, że w bardziej zróżnicowanej rotacji roślin większa jest różnorodność mikrobiologiczna gleby, co sprzyja rozkładowi nasion chwastów przez grzyby i tym samym zmniejsza pulę nasion zdolnych do kiełkowania (21). Podatność poszczególnych gatunków chwastów na działanie mikroorganizmów jest zróżnicowana, w zależności od grubości okrywy nasiennej. Gatunki z grubszą okrywą nasienną np. *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album* są znacznie trudniej rozkładane, w związku czym mogą licznie występować na polach, niezależnie od zmianowania.

Uwarunkowania gospodarczo-ekonomiczne kształtują strukturę agrarną kraju, a tym samym wpływają na następstwo uprawianych gatunków. Dominacja zbóż w strukturze zasiewów Polski (powyżej 70%) wymusza ich uprawę po sobie, a niejednokrotnie dany gatunek uprawia się w monokulturze. Uprawa roślin w monokulturze skutkuje wzrostem zarówno liczebności, jak i biomasy chwastów. Przyczynia się również do zmian w strukturze populacji chwastów, które polegają na ograniczeniu bioróżnorodności na rzecz dominacji gatunkowej (19, 29, 37). Tego rodzaju zależność wykazano m.in. w siedmioletniej monokulturze jęczmienia jarego, w której liczba gatunków dominujących, tj. *Matricaria maritima ssp. inodora* i *Echinochloa crus-galli*, była odpowiednio o 4,5 oraz 5,5 razy większa niż w jęczmieniu uprawianym w płodozmianie (29), natomiast w siedmioletniej monokulturze kukurydzy liczebność gatunku dominującego *Echinochloa crus-galli* wzrosła blisko trzykrotnie w odniesieniu do stanu początkowego (19).

Wzrost liczebności chwastów w monokulturach następuje w różnym tempie. W badaniach Parylak i in. (33) wzrost zachwaszczenia monokultury pszenżyta

ozimego zaobserwowano dopiero w okresie 9-20 lat od zapoczątkowania uprawy tego gatunku po sobie. Z kolei w monokulturze jęczmienia jarego stały wzrost liczebności chwastów występował już od początku jej wdrażania (29).

Korzystną rolę w ograniczaniu zachwaszczenia w płodozmianach uproszczonych przypisuje się międzyplonom, które wysiewane są późnym latem po zbiorze zbóż i rosną aż do siewu następczej rośliny jarej. Ich znaczenie w regulacji zachwaszczenia wynika z supresji chwastów dzięki wytwarzaniu dużej ilości biomasy oraz działaniu allelopatycznemu (14). Dodatkową korzyścią wynikającą ze stosowania międzyplonów jest wzbogacenie gleby w materię organiczną, co ma szczególne znaczenie w ekologicznej produkcji roślinnej. Do najpowszechniej stosowanych nawozów zielonych należą rośliny strączkowe i gorczyca. Ograniczenie zachwaszczenia pól dzięki uprawie międzyplonów jest bardziej widoczne na glebach słabszych, z mniejszą ilością materii organicznej (31). Z drugiej jednak strony te gatunki roślin okrywowych, które wzbogacają glebę w azot mogą stymulować wschody i wzrost chwastów.

Innym sposobem na zmniejszenie zachwaszczenia w płodozmianach uproszczonych jest uprawa mieszanek międzygatunkowych: zbożowo-strączkowych oraz zbożowych. Zwiększenie udziału mieszanki jęczmienia jarego z grochem siewnym w płodozmianie może znacząco zredukować liczebność glebowego banku nasion (28). W mieszankach zbożowych najlepiej pod względem konkurencyjności w stosunku do chwastów notowane są mieszanki z owsem, któremu przypisuje się duże zdolności fitosanitarne. Im większy jest udział owsa w mieszance, tym mniej zachwaszczone jest pole (24, 38).

Uprawa roli

Wyróżniamy trzy systemy uprawy roli, tj. tradycyjny (płużny) oraz dwa systemy bezorkowe (uprawa uproszczona i uprawa zerowa tzw. siew bezpośredni). Uprawa roli kształtuje zachwaszczenie upraw głównie poprzez wpływ na glebowy bank nasion chwastów. Im więcej nasion nagromadzonych jest w warstwie ornej gleby, tym silniej zachwaszczone są uprawy. W konwencjonalnym systemie uprawy roli, w czasie orki następuje odwrócenie i przemieszanie gleby, w związku z czym wiele nasion przemieszczonych jest w głąb warstwy ornej. W uprawie uproszczonej, na skutek braku orki większość nasion chwastów pozostaje w górnej warstwie gleby, skąd mogą łatwo kiełkować, co skutkuje wzrostem zachwaszczenia pól (9, 16, 20). Nie wszystkie badania w tym zakresie potwierdzają powyższą prawidłowość. Prowadzono również prace, które wykazały, że liczebność nasion chwastów w górnej warstwie gleby była najmniejsza (12, 35). Tłumaczone jest to faktem, że w systemach bezorkowych brak jest dopływu nasion chwastów z głębszych warstw gleby, w związku z czym ich pula w górnej warstwie będzie się zmniejszać, zwłaszcza przy prawidłowo prowadzonej ochronie chemicznej.

Uważa się, że uprawa uproszczona powinna być stosowana tylko w odpowiednim następstwie roślin. Badano wpływ uproszczeń w uprawie roli na wielkość i skład

glebowego banku nasion oraz jego rozmieszczenie w profilu glebowym w zależności od zmianowania (tab. 3). Prace te dowiodły, że wpływ uproszczeń w uprawie roli na wielkość i skład glebowego banku nasion był bardziej wyraźny w pszenicy uprawianej w monokulturze i w zmianowaniu z bobikiem, natomiast posiadał niewielkie znaczenie w przypadku pszenicy uprawianej w zmianowaniu z koniczyną. Jednocześnie nastąpiło ograniczenie bioróżnorodności i wzrost dominacji niektórych gatunków chwastów (35).

Tabela 3

Wpływ następstwa roślin i uprawy roli na glebowy bank nasion

Głębokość warstwy gleby	Liczba gatunków chwastów					
	monokultura pszenicy		pszenica – bobik		pszenica – koniczyna	
	UT	UU	UT	UU	UT	UU
0-5	15,5	18,0	17,5	18,0	15,0	17,5
5-15	13,5	13,5	13,0	12,0	12,5	13,0
15-30	16,5	12,0	16,5	9,0	14,0	11,5
0-30	25,0	22,5	27,5	22,5	22,0	23,0
Głębokość warstwy gleby	liczba siewek chwastów (szt./m^2)					
	monokultura pszenicy		pszenica – bobik		pszenica – koniczyna	
	UT	UU	UT	UU	UT	UU
0-5	1616	7562	1591	4687	861	2221
5-15	3147	4943	2565	4466	1178	2633
15-30	11 078	3680	4537	2429	2827	2189
0-30	15 840	16 185	8692	11582	4866	7043

UT – uprawa tradycyjna, UU – uprawa uproszczona

Źródło: Ruisi i in., 2015 (35)

Mniejsze zachwaszczenie w konwencjonalnym systemie uprawy może wynikać również ze stanu rośliny uprawnej, a ściślej mówiąc, cech decydujących o konkurencyjności. W soi uprawianej tradycyjnie stwierdzono większą obsadę oraz wysokość roślin, co mogło przyczynić się do ograniczenia zachwaszczenia w porównaniu z soją uprawianą w systemie bezorkowym (16).

Wzrost zachwaszczenia pól, na których stosuje się systemy bezorkowe jest szczególnie wyraźny w pierwszych latach wdrażania tego systemu, po czym następuje stabilizacja liczebności chwastów, a nawet może być ona niższa w porównaniu z uprawą konwencjonalną (9, 27). W monokulturze kukurydzy, systematyczny wzrost zachwaszczenia był obserwowany w uprawie uproszczonej, natomiast w uprawie zerowej tylko w pierwszych trzech latach, po którym zmniejszał się do poziomu oznaczonego na uprawie tradycyjnej (9). Stąd też początkowy okres stosowania uproszczeń wiąże się ze zwiększeniem nakładów na chemiczną regulację zachwaszczenia.

Uproszczenia w uprawie roli przyczyniają się do zmian w składzie gatunkowym populacji chwastów. Powszechnie uważa się, że w warunkach uproszczonej uprawy roli, następuje ograniczenie bioróżnorodności w zbiorowisku chwastów na rzecz

wzrostu dominacji (9, 20). Zmniejsza się także liczebność krótkotrwałych chwastów dwuliściennych na rzecz jednoliściennych oraz gatunków wieloletnich (9, 20, 27, 36). Stwierdzono, że na skutek rezygnacji z orki na polu kukurydzy pojawiły się nowe gatunki chwastów wieloletnich oraz nastąpił wzrost nasilenia już wcześniej występujących, niezależnie od tego czy kukurydzę uprawiano w zmianowaniu, czy też w monokulturze (20). Wiele spośród chwastów wieloletnich to gatunki posiadające zdolność do rozmnażania wegetatywnego, z podziemnych kłączy lub rozłogów. W uprawie bezpłużnej brak jest możliwości niszczenia znajdujących się w głębszych partiach gleby tych organów, w związku z czym mogą z nich wyrastać nowe pędy.

Nawożenie

Wyższy poziom nawożenia ogranicza zachwaszczenie łanu głównie z powodu poprawy zdolności konkurencyjnych rośliny uprawnej (8, 30). Azot jest czynnikiem silnie wpływającym na przyrost biomasy roślin w początkowym okresie ich rozwoju. Przyczynia się tym samym do szybszego zakrywania międzyrzędzi, co ogranicza wschody i wzrost chwastów. Z drugiej strony poprawa zasobności gleby stwarza dogodne warunki dla wzrostu nie tylko rośliny uprawnej, lecz również chwastów. Tego rodzaju zależność wykazano m.in. w badaniach Suwary i in. (37), w których dowiedziono, że w warunkach zwiększonego nawożenia azotem następuje ograniczenie liczebności chwastów przy jednoczesnym wzroście ich masy. Chwasty mogą bowiem pobierać z gleby znaczne ilości składników pokarmowych. Stwierdzono, że przyrost biomasy chwastów w wyniku nawożenia wynosił aż 60% natomiast kukurydzy 43%. Wynikało to ze zróżnicowanego składu gatunkowego chwastów, składającego się z taksonów o różnych wymaganiach pokarmowych, co sprzyjało lepszemu wykorzystaniu składników. Ponadto, w odróżnieniu od kukurydzy, pobranie azotu, fosforu i potasu przez chwasty było bardziej efektywne wraz ze wzrostem dawki nawozu (30).

Poziom nawożenia determinuje również skład gatunkowy i bioróżnorodność zbiorowiska chwastów. Rezultaty badań prowadzonych w omawianym zakresie są bardzo często rozbieżne. Uzyskiwano zarówno brak wpływu nawożenia na różnorodność populacji chwastów (11), jak również wzrost bioróżnorodności pod wpływem nawożenia azotowego (37). W badaniach Pawlonki i Skrzyczyńskiej (34) wyższe dawki azotu z jednej strony ograniczyły zachwaszczenie, lecz jednocześnie przyczyniły się do zmian w składzie gatunkowym populacji chwastów. Zwiększone nawożenie azotowe okazało się korzystne dla gatunków azotolubnych, które w takich warunkach produkowały więcej biomasy i przez to silniej konkurowały z pszenżytem ozimym.

Zmiany w zbiorowisku chwastów na skutek nawożenia mineralnego podyktowane są w dużej mierze zróżnicowanymi preferencjami pokarmowymi gatunków występujących na danym polu. Chwasty jednoliścienne pobierają więcej składników

niż chwasty dwuliścienne. Wykazano również różnice w zdolności akumulacji mikroelementów w biomasie roślin (tab. 4). Stwierdzono, że *Chenopodium album* L. i *Galinsoga parviflora* Cav. posiadają dużą zdolność do akumulacji manganu, zaś *Cirsium arvense* L. do akumulacji żelaza (18).

Tabela 4

Pobieranie mikroelementów przez kukurydzę i niektóre gatunki chwastów

Gatunek	Pobranie składnika (mg/ha)			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv.	880	207	6490	9340
Galinsoga parviflora Cav.	40	80	330	280
Chenopodium album L.	160	470	2030	1150
Cirsium arvense L.	10	40	80	470
Polygonum lapathifolium L. ssp. *lapathifolium*	30	40	90	90
Zea mays L.	68100	200	115200	640200

Źródło: Głowacka, 2012 (18)

Na stan zachwaszczenia wpływa również rodzaj nawożenia (mineralne lub organiczne). Powszechnie uważa się, że nawozy organiczne mogą zawierać zdolne do kiełkowania nasiona chwastów, które po dostaniu się do gleby zwiększają zasobność glebowego banku nasion. Warunkiem uniknięcia tego zjawiska jest właściwe kompostowanie, będące w stanie stworzyć środowisko odpowiednie dla rozwoju mikroorganizmów rozkładających nasiona chwastów. Na podstawie 12-letnich badań w monokulturze kukurydzy porównujących wpływ różnych systemów nawożenia (gnojowica, kompost i nawożenie mineralne) na wielkość i skład banku nasion chwastów wykazano, że tylko nawożenie mineralne wpływa istotnie na zasobność glebowego banku nasion (tab. 5). Spowodowało ono ograniczenie liczebności nasion chwastów, przy czym dawka azotu nie miała znaczenia (13). Regularne nawożenie kompostem ograniczyło liczbę nasion w glebie oraz wschody wysoce konkurencyjnych dla kukurydzy chwastów, jak *Chenopodium album* i *Solanum nigrum*. Można to wytłumaczyć faktem, że ten sposób nawożenia poprawia zawartość materii organicznej w glebie, a tym samym aktywność mikroorganizmów rozkładających nasiona chwastów. Z tego powodu uważa się, że długofalowe stosowanie prawidłowo przygotowanego i przechowywanego kompostu jest w stanie tak zmienić właściwości gleby, aby posiadała zdolność do redukcji zachwaszczenia.

Tabela 5

Liczba siewek chwastów w zależności od rodzaju nawożenia

Rodzaj nawozu	Dawka ($t \cdot ha^{-1}$)	*Chenopodium album*	*Lamium purpureum*	*Stellaria media*	*Solanum nigrum*	*Poa annua*	*Senecio vulgaris*	Średnio
Gnojowica	0	29,0	47,2	11,0	60,6	10,9	3,65	27,1
	42,3	21,9	29,0	15,6	62,5	6,8	4,5	23,4
Azot mineralny	0	33,6	52,4	18,5	67,9	15,1	3,1	31,8
	0,1	13,3	43,5	11,6	53,3	6,3	4,0	22,0
	0,2	23,5	33,5	9,8	63,6	5,1	5,2	23,5
Kompost	0	37,8	31,5	10,7	70,2	12,6	2,9	27,6
	22,5	15,7	51,2	9,9	52,3	4,4	4,7	23,0
	45	22,8	46,6	19,2	62,2	9,7	4,6	27,5

Źródło: de Cauvier i in., 2010 (13)

W badaniach nad łącznym wpływem uprawy roli i nawożenia na zachwaszczenie jęczmienia jarego zaobserwowano zmniejszenie populacji chwastów w warunkach uprawy tradycyjnej i zwiększonego nawożenia azotowego. Natomiast wzrost nawożenia w warunkach uprawy uproszczonej i zerowej przyczynił się do wzrostu zachwaszczenia (17).

Podsumowanie

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki doświadczeń nad wpływem poszczególnych elementów agrotechniki na zachwaszczenie upraw mogą wyznaczać pewne tendencje i ogólne zależności. W praktyce jednak liczebność i skład gatunkowy zbiorowiska chwastów jest kształtowany przez cały kompleks zabiegów agrotechnicznych, przebieg pogody oraz specyficzne dla danego pola warunki glebowe. Znaczącą rolę w tym względzie odgrywa również skład gatunkowy glebowego banku nasion chwastów, ponieważ poszczególne taksony odznaczają się specyficznymi wymaganiami co do siedliska i w różnym stopniu reagują na zabiegi agrotechniczne.

Literatura

1. Andrew I.K.S., Storkey J., Sparkes D.L.: A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. Weed Res., 2015, **55:** 239-248.
2. Andrew I.K.S., Storkey J.: Using simulation models to investigate the cumulative effects of sowing rate, sowing date and cultivar choice on weed competition. Crop Prot., 2017, **95:** 109-115.
3. Andruszczak S.: Weed infestation of new spring breeding lines of spelt wheat depending on sowing rate and nitrogen fertilization. Fragm. Agron., 2017, **34(3):** 14-24.
4. Alsaadawi I.S., Sarbout A.K., Al-Shamma L.M.: Differential allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annus* L.) genotypes on weeds and wheat (*Triticum aestivum* L.) crop. Archiv. Agron. Soil Sci., 2012, **58:** 1139-1148.

5. Assaduzaman M., Pratley J.E., An M., Luckett D.J., Lemerle D.: Metabolomics differentiation of canola genotypes: toward an understanding of canola allelochemicals. Front. Plant Sci., 2015, **5:** 765.
6. Baghestani A., Lemieux C., Leroux G.D., Baziramakenga R., Simard R.R.: Determinations of allelochemicals in spring cereal cultivars of different competitiveness. Weed Sci., 1999, **47**: 498-504.
7. Beckie H.J., Johnson E.N., Blackshaw R.E., Gan Y. : Weed suppression by canola and mustard cultivars. Weed Technol., 2008, **22:** 182-185.
8. Blackshaw R.E.: Application method of nitrogen fertilizer affects weed growth and competition with winter wheat. Weed Biol. Manag., 2004, **4:** 103-113.
9. 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.
10. Buczek J., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D.: Yield and weed infestation of winter wheat in dependence on sowing density and agricultural practice level. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2011, **10(4):** 35-44.
11. Brzozowska I., Brzozowski J., Kurowska A.: Diversity of segetal flora in a field of spring triticale depending on weed control and nitrogen fertilization methods. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2014, **13(4)**: 7-17.
12. Bujak K., Frant M.: Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomu nawożenia mineralnego na zachwaszczenie potencjalne gleby. Acta Agrophys., 2009, **13(2)**: 311-320.
13. de Cauwer B., Van Den Berge K., Cougnon M., Bulcke R., Reheul D.: Weed seedbank responses to 12 years of applications of composts, animal slurries or mineral fertilisers. Weed Res., 2010, **50:** 425-435.
14. Farooq M., Jabran K., Cheema Z.A., Wahid A., Siddique K.H.M.: The role of allelopathy in agricultural pest management. Pest. Manag. Sci., 2011, **67(5)**: 493-506.
15. Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Ocena konkurencyjności odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji w stosunku do chwastów. J. Res. Appl. Agric. Engng, 2006, **51**: 30-35.
16. Gawęda D., Cierpiała R., Harasim E., Haliniarz M. Effect of tillage systems on yield, weed infestation and seed quality elements of soybean. Acta Agrophys., 2016, **23(2):** 175-187.
17. Giemza-Mikoda M., Zimny L., Wacławowicz R.: Wpływ systemów uprawy na zachwaszczenie jęczmienia jarego. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2012, **52(2):** 283-286.
18. Głowacka A.: Content and uptake of microelements (Cu, Zn, Mn, Fe) by maize (*Zea mays* L.) and accompanying weeds. Acta Agrobot., 2012, **65(4):** 179-188.
19. Gołębiowska H.: Wpływ wieloletniej uprawy kukurydzy na ziarno na występowanie chwastów. Pam. Puł., 2006, **142:** 127-136.
20. Gołębiowska H.: Diversity of weed infestation depending on maize cropping system. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2011, **10(1):** 13-23.
21. Gómez R., Liebman M., Munkvold G.: Weed seed decay in conventional and diversified cropping system. Weed Res., 2013, **54:** 13-25.
22. Hanzlik C., Gerowitt B.: Occurrence and distribution of important weed species in German winter oilseed rape fields. J. Plant Dis. Prot., 2012, **119:** 107– 120.
23. Haramoto E.R, Galandt E.R.: Brassica cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment. Weed Sci., 2005, **53:** 695-701.
24. Kaczmarek S., Adamczewski K., Matysiak K.: Comparison of florasulam + 2,4-D application effect in wheat, oat and barley cultivated in monocrops and in two-species mixtures. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2010, **9(4):** 29-37.

25. Kaczmarek S., Matysiak K.: Application of reduced doses of chlorsulfuron in semi-dwarf and full-height cultivars of winter triticale. J. Plant Prot. Res., 2015, **55(1):** 8-15.
26. Kieloch R., Domaradzki K.: Wpływ gęstości siewu pszenicy ozimej odmian Kobra i Tonacja na skuteczność działania herbicydów. Biul. IHAR, 2009, **253:** 147-155.
27. Kordas L.: Wpływ wieloletniego stosowania uprawy zerowej w zmianowaniu na zachwaszczenie. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2004, **44(2):** 841-844.
28. Kostrzewska M.K., Wanic M., Jastrzębska M., Ciućkowska-Sadlak B.: Wpływ przedplonu i mieszanki zbożowo-strączkowej w płodozmianie na różnorodność glebowego banku nasion chwastów. Fragm. Agron., 2016, **33(2):** 35-43.
29. Kwiatkowski C., Wesołowski M., Stępień A.: Bioróżnorodność chwastów w trzech odmianach jęczmienia jarego uprawianych w siedmioletniej monokulturze i zmianowaniu. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2004, **3(2):** 109-117.
30. Lechoczky E., Tóth Z., Kismányoky A., Kismányoky T.: Nutrient uptake by weeds in a long-term maize field experiment. Agrokémia és Talajtan, 2006, **55(1):** 175-182.
31. Masilionyte L., Maiksteniene S., Kriauciuniene Z., Jablonskyte-Rasce D., Zou L., Sarauskis E.: Effect of cover crops in smothering weeds and volunteer plants in alternative farming systems. Crop Prot., 2017, **79**: 74-81.
32. de Mol F., von Redwitz C., Gerowitt B.: Weed species composition of maize fields in Germany is influenced by site and crop sequence. Weed Res., 2015, **55:** 574-585.
33. Parylak D., Pytlarz E., Paluch M.: Zmiany zachwaszczenia łanu w wieloletniej monokulturze pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 2016, **33(2):** 63-70.
34. Pawlonka Z., Skrzyczyńska J.: Wpływ wybranych elementów agrotechniki i warunków meteorologicznych na zachwaszczenie pszenżyta ozimego. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Agricultura, 2004, **59(3)**:1037-1047.
35. Ruisi P., Frangipane P., Amato B., Badagliacca G., Di Miceli G., Plaia A., Giambalvo D.: Weed seedbank size and composition in a long-term tillage and crop sequence experiment. Weed Res., 2015, **55:** 320-328.
36. Sans F.X., Berner A., Armengot L., Mäder P.: Tillage effects on weed communities in an organic winter wheat–sunflower–spelt cropping sequence. Weed Res., 2011, **51:** 413-421.
37. Suwara I., Stępień W., Tymińska A., Pruska K.: Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i zmianowania na zachwaszczenie pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 2016, **33(3):** 107-116.
38. Tendziagolska E., Kuc P.: Zachwaszczenie owsa w siewie jednoodmianowym i mieszance trzech odmian w warunkach ekologicznego gospodarowania. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2012, **52:** 318-322.
39. Travlos I.S.: Reduced herbicide rates for an effective weed control in competitive wheat cultivars. Int. J. Plant Prod., 2012, **6**: 1-13.
40. Wesołowski M., Kwiatkowski C., Stępień A.: Influence of inter-variety mixtures of spring barley on weed infestation in monocultural and crop rotation cultivation of this plant. Acta Agrophys., 2003, **1(4):** 795-802.
41. Wu H., Pratley J. E., Lemerle D., Haig T.: Crop cultivars with allelopathic capability. Weed Res., 1999, **39:** 171-181.
42. Yasin M., Rosenqvist E., Jensen S.M., Andreasen C.: The importance of reduced light intensity on the growth and development of six weed species. Weed Res., 2019, **59(2):** 130-144.

Adres do korespondencji:

dr inż. Renata Kieloch
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli
IUNG – PIB
ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław
tel. 71 363 87 07
e-mail: r.kieloch@iung.wroclaw.pl

AUTOR	ORCID
Renata Kieloch	0000-0001-7411-1115

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 65-77 **2020**

Katarzyna Czopek, Mariola Staniak

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA POSTĘPU BIOLOGICZNEGO W UPRAWIE SOI W POLSCE*

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Słowa kluczowe: soja zwyczajna, postęp biologiczny, odmiana, rośliny strączkowe, genetyczne modyfikacje

Wprowadzenie

Systematyczny wzrost liczby ludności niesie za sobą potrzebę zapewnienia wyżywienia coraz większej populacji. Szacuje się, że do roku 2050 Ziemię zamieszkiwać będzie 9 miliardów ludzi. Według Souza i in. (27), aby zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe takiej populacji produkcja żywności powinna zwiększyć się o 70%. Do wytworzenia żywności, zarówno pochodzenia roślinnego jak i zwierzęcego, niezbędna jest produkcja roślinna. Zdaniem Święcickiego i in. (31) konieczne jest podwojenie produkcji zbóż, przy czym wzrost ten w 20% może pochodzić ze zwiększonej powierzchni uprawy, ale w 80% musi ją zapewnić intensyfikacja produkcji. Osiągnięcie wzrostu produkcji rolniczej na taką skalę jest bardzo trudne i wymaga wielu zmian, ale przede wszystkim większego wykorzystania postępu zarówno w hodowli, jak i w uprawie roślin. Wprowadzanie innowacji w różnych obszarach rolnictwa nie jest jednak pozbawione problemów, między innymi ze względu na zmieniający się klimat i związane z tym niekorzystne zjawiska pogodowe, takie jak: susze, ekstremalne temperatury, nawalne deszcze czy gradobicia. Trzeba także mieć na uwadze zwiększone wymagania środowiskowe, dotyczące minimalizowania negatywnego wpływu procesu produkcji na środowisko przyrodnicze, jak również wzrastające wymagania konsumentów dotyczące jakości żywności.

Obok zbóż, ważną rolę w żywieniu ludności oraz produkcji paszy dla zwierząt hodowlanych odgrywają rośliny strączkowe. Soja uważana jest za jeden z najbardziej

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

wartościowych gatunków spośród roślin strączkowych. Produkcja soi na świecie związana jest z jej szerokim wykorzystaniem na cele konsumpcyjne (głównie olej), paszowe (poekstrakcyjna śruta sojowa) oraz przemysłowe (kosmetyki, tworzywa sztuczne, farby i inne). Ponadto olej uzyskiwany z nasion tej rośliny stanowi jeden z podstawowych surowców do produkcji biodiesla. Według danych FAOSTAT (7), w ciągu ostatnich 30-lat światowa produkcja soi wzrosła ponad 3-krotnie i w 2017 roku przekroczyła 350 mln ton (rys. 1). Wśród krajów europejskich Polska stanowi jeden z największych rynków zbytu dla soi i jej przetworów, przy czym należy zaznaczyć, że konsumujemy głównie importowane produkty. Należy do nich śruta sojowa, której import zabezpiecza około 70% krajowych potrzeb na białko paszowe (13). Dlatego postęp w hodowli soi, objawiający się wzrostem liczby nowych odmian przystosowanych do uprawy w warunkach naszego kraju może przyczynić się do rozpowszechnienia uprawy tego gatunku w Polsce oraz wzrostu opłacalności produkcji zwierzęcej poprzez obniżenie kosztów produkcji (33). Jednocześnie, pozwoli to na większe uniezależnienie się naszego kraju od importowanej śruty sojowej oraz wykorzystanie odmian o lepszej jakości, ponieważ importowana soja jest niemal w 90% genetycznie modyfikowana.

Znaczenie postępu biologicznego

Ważnym czynnikiem produkcji poprawiającym efektywność gospodarczą jest postęp biologiczny. Definiowany jest on jako całokształt zmian naturalnych bądź antropogenicznych w organizmach roślinnych i zwierzęcych, wpływających na cechy indywidualne tych organizmów. Z rolniczego punktu widzenia postęp biologiczny jest sumą zmian wpływających na wartość technologiczno-użytkową roślin i zwierząt gospodarskich (17). Poprzez tworzenie nowych odmian, bardziej plennych i o lepszych cechach jakościowych, można skutecznie wpływać na wielkość i jakość produkcji roślinnej. Nowe, ulepszone odmiany lepiej odpowiadają współczesnej praktyce rolniczej i wymaganiom rynku oraz są dostosowane do zmian środowiska naturalnego. Są też czynnikiem intensyfikującym produkcję rolniczą, która jest przyjazna środowisku i ma charakter ekologiczny. Zdaniem Oleksiaka i Arseniuka (20) hodowla nowych odmian jest także najtańszym sposobem zwiększenia i rozwoju produkcji rolnej.

Nowe odmiany roślin uprawnych powinny charakteryzować się szeregiem korzystnych cech użytkowych, takich jak: duża plenność, odporność na choroby, odporność na uprawę w warunkach stresów abiotycznych czy przydatność do przetwórstwa (33). Tempo wdrażania postępu biologicznego zależy od wielu czynników. Najważniejszym z nich jest znajomość genetycznych podstaw procesów i zjawisk związanych z ulepszaniem roślin uprawnych oraz wykorzystanie nowoczesnych metod i technologii z zakresu biologii i genetyki. Dzięki nowym technikom hodowlanym możliwe jest przyspieszenie postępu odmianowego, który pozwala na uzyskanie genotypów dostosowanych do konkretnych warunków środowiska (32).

Stosowane nowoczesne metody biotechnologiczne wymagają zaangażowania dużych środków finansowych, dlatego hodowla nowych odmian jest procesem długotrwałym i kosztochłonnym (31). Sposobem na zwrot zainwestowanych środków jest sprzedaż kwalifikowanego materiału siewnego, bądź licencji na rozmnażanie nowo powstałych odmian. Dlatego też, bardzo istotnym elementem związanym z postępem biologicznym jest nasiennictwo, które umożliwia przenoszenie efektów hodowli do praktyki, poprzez reprodukcję i obrót materiałem siewnym. Wykorzystanie postępu biologicznego w praktyce rolniczej jest więc uwarunkowane stosowaniem kwalifikowanego materiału siewnego o wysokiej jakości i zdrowotności. Efekty produkcyjne, jakie wnoszą nowe odmiany, zależą także od postępu technologicznego, warunków siedliskowych i wiedzy rolnika. Nowe, intensywne odmiany nie ujawnią bowiem swoich możliwości przy niskim poziomie agrotechniki. Szacuje się, że potencjał plonotwórczy nowych odmian jest wykorzystywany w praktyce rolniczej w około 50-60%, o czym świadczą, m.in. różnice w plonach pomiędzy wynikami doświadczeń odmianowych COBORU, a plonami przedstawianymi przez GUS (31).

Postęp biologiczny w hodowli roślin strączkowych

Z punktu widzenia potrzeb żywieniowych zwierząt gospodarskich, bardzo ważną grupą są pastewne rośliny bobowate, zwłaszcza grubonasienne (strączkowe). Dostarczają one paszy o dużej zawartości białka, tłuszczu bogatego w nienasycone kwasy tłuszczowe, składników mineralnych, błonnika i witamin. Ponieważ głównym kierunkiem uprawy roślin strączkowych jest konsumpcja lub żywienie zwierząt, postęp hodowlany w tej grupie roślin dąży, przede wszystkim do poprawy plenności oraz wskaźników jakości plonu, takich jak zwiększenie zawartości białka w nasionach, poprawa jego składu aminokwasowego, czy zmniejszenie bądź całkowite wyeliminowanie substancji antyżywieniowych, zmniejszających strawność paszy (25, 30). Zdaniem Gacka (9) w procesie hodowli roślin strączkowych ważne jest również doskonalenie elementów struktury plonu, skrócenie okresu wegetacji, ograniczenie podatności roślin na wyleganie oraz poprawa odporności na choroby i szkodniki. W hodowli roślin strączkowych postęp biologiczny wynika, przede wszystkim ze zastosowania krzyżowania (około 75% współcześnie zarejestrowanych odmian), ale może być także wynikiem mutacji indukowanych poprzez moczenie nasion w roztworach N-nitrozoN-metylo moczniku (NMU) lub N-nitrozoN-etylomoczniku (NEU), traktowania nasion szybkimi neutronami (około 8%) oraz selekcji (prawie 17%); (18, 29).

W ciągu ostatnich 10 lat zanotowano duży postęp w hodowli krajowych gatunków roślin strączkowych. Szczególne osiągnięcia widoczne są u łubinu wąskolistnego oraz grochu siewnego, u których większość odmian obecnych w krajowym rejestrze zostało zarejestrowanych w tym właśnie okresie (odpowiednio 80 i 70%), podobnie jak połowa odmian łubinu żółtego i bobiku (tab. 1). Od lat nie rejestruje się natomiast nowych odmian łubinu białego i wyki. Postęp w hodowli tej grupy roślin w głównej

mierze należy przypisać krajowej hodowli. Spośród 31 odmian łubinu wąskolistnego znajdujących się obecnie w krajowym rejestrze, 29 odmian jest polskiej hodowli. Podobnie jest w przypadku grochu (23 odmiany spośród 27) i bobiku (8 odmian spośród 14). W przypadku łubinu żółtego i białego oraz wyk wszystkie odmiany wpisane na listę są krajowej hodowli (15).

Tabela 1

Liczba odmian gatunków roślin strączkowych wpisanych do krajowego rejestru

Gatunek	do 2008		2009-2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	k*	z**	k	z	k	z	k	z	k	z	k	z	k	z
Bobik	5	2	-	-	-	-	2	-	-	2	-	2	1	-
Groch siewny	8	-	7	1	1	-	1	-	2	2	1	-	3	1
Łubin wąskolistny	6	-	9	-	3	-	4	-	3	-	2	1	3	-
Łubin żółty	5	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-
Łubin biały	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wyka siewna	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Wyka kosmata	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*k – odmiany krajowe, **z – odmiany zagraniczne

Źródło: Lista odmian…, 2019 (15)

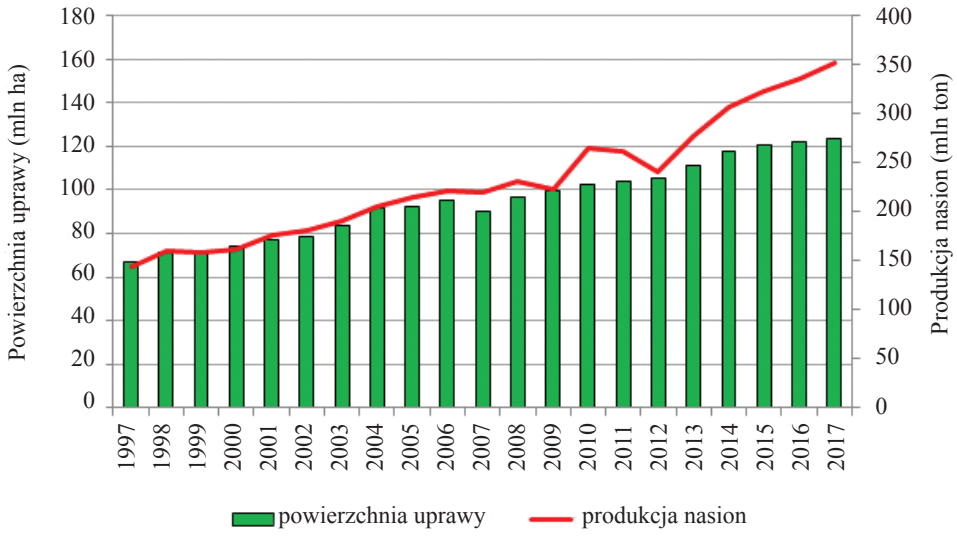
Jak podaje Gacek (9), postęp w hodowli roślin strączkowych związany jest, przede wszystkim ze zwiększeniem plonu nasion, polepszeniem stabilności plonowania, podwyższeniem zawartości białka i zmniejszeniem ilości alkaloidów. W przypadku bobiku, wieloletnie prace hodowlane doprowadziły także do poprawy innych cech rolniczo-użytkowych, takich jak: wcześniejsze dojrzewanie krótkołodygowych roślin (typ samokończący) oraz odporność na choroby (askochytoza i czekoladowa plamistość). Dzięki hodowli uzyskano genotypy grochu siewnego różniące się wysokością, ulistnieniem pędów (typy wąsolistne i o zwykłym ulistnieniu), wielkością plonów, zawartością białka, tempem wzrostu oraz odpornością na choroby i wyleganie. Postęp w hodowli łubinu wąskolistnego związany jest z poprawą poziomu plonowania, redukcją ilości alkaloidów (odmiany niskoalkaloidowe) oraz zwiększeniem odporności na fuzaryjne więdnięcie roślin. Z kolei nowe odmiany łubinu żółtego są wczesne i termoneutralne, a więc mało wrażliwe na opóźnienie terminu siewu. Charakteryzują się również wysoką plennością i zwiększoną wiernością plonowania, niską zawartością alkaloidów, odpornością na wyleganie, choroby wirusowe i fuzaryjne. Odmiany samokończące i niektóre tradycyjne są też w znacznym stopniu tolerancyjne na antraknozę.

W Polsce powierzchnia zasiewów roślin strączkowych na przestrzeni ostatnich trzydziestu lat ulegała dużym zmianom. Największą powierzchnię uprawy odnotowano w roku 1989, kiedy wynosiła łącznie ponad 380 tys. ha, co było związane z planem gospodarczym państwa dążącym do zapewnienia samowystarczalności kraju w surowce wysokobiałkowych komponentów do produkcji pasz treściwych, w których

nasiona roślin strączkowych miały być głównym źródłem białka. W latach 90. XX wieku nastąpiło załamanie produkcji, ale w ostatnich latach obserwuje się powolną odbudowę areału upraw tej grupy roślin. W roku 2010 powierzchnia uprawy roślin strączkowych ogółem wynosiła już 172 tys. ha, a w 2015 r. wzrosła do 407 tys. ha. Wzrost ten dotyczy przede wszystkim odmian pastewnych, które obecnie stanowią ponad 80% powierzchni uprawy roślin strączkowych. Z kolei w roku 2016 i 2017 areał ten zmniejszył się odpowiednio do 321 i 272 tys. ha, co w dużej mierze spowodowane było niekorzystnymi warunkami pogodowymi (zwłaszcza wilgotnościowymi) występującymi w ostatnich latach. W badaniach Grabowskiej i Banaszkiewicz (10), temperatura powietrza i opady atmosferyczne wyjaśniały zmienność plonowania grochu siewnego nawet w 80%.

Rola soi we współczesnym świecie

Spośród roślin strączkowych, soja jest najważniejszym na świecie gatunkiem, a powierzchnia jej uprawy systematycznie rośnie, od 29,5 mln ha w 1970 r., przez 74,3 mln ha w 2000 r. do ponad 123 mln ha w 2017 r. (7); (rys. 1). Obecnie zajmuje ósme miejsce na świecie spośród gatunków żywiących ludzkość (24). Biorąc pod uwagę kierunki wykorzystania, soja zaliczana jest do grupy roślin oleistych, choć z botanicznego punktu widzenia należy do roślin bobowatych grubonasiennych (strączkowych); (3). Nasiona soi charakteryzują się unikalnym składem chemicznym, na który składa się, przede wszystkim, duża zawartość białka (33-45%) oraz tłuszczu (18-22%), bogatego w nienasycone kwasy tłuszczowe. Ze względu na dużą wartość biologiczną białka, soja jest uważana na najważniejszą roślinę białkową na świecie. Może być stosowana zamiennie z białkiem pochodzącym z mięsa, ponieważ dostarcza wszystkich niezbędnych aminokwasów. Jest przy tym zdrowsza, bo zawiera mniej tłuszczów nasyconych (33). Śruta sojowa, powstała po ekstrakcji oleju jest najważniejszym źródłem białka stosowanym w żywieniu zwierząt hodowlanych. Głównym powodem jej wysokiej popularności jest unikatowa kompozycja aminokwasów, która uzupełnia skład aminokwasowy pasz zbożowych. Jest to szczególnie ważne w przypadku skarmiania drobiu i trzody chlewnej, gdzie czynnikiem limitującym wzrost i rozwój zwierząt jest niedobór lizyny w niektórych mieszankach paszowych. Białko soi zawiera również względnie dużo argininy, co ma duże znaczenie w przypadku żywienia drobiu oraz tryptofanu, który jest ważny z punktu widzenia paszowego świń (28). Nasiona soi dostarczają również witamin zwłaszcza z grupy B oraz składników mineralnych.



Rys. 1. Światowa produkcja soi w latach 1997-2016

Źródło: FAOSTAT, 2019 (7)

Postęp biologiczny w hodowli soi w Polsce

W Polsce pierwsze próby aklimatyzacji soi przeprowadzone zostały przez A. Sempołowskiego w 1878 r., w Żabikowie koło Poznania. Próby te były jednak nieudane, bo żadna z 19 wysianych wówczas chińskich odmian soi nie dojrzała w warunkach Polski. Do prac aklimatyzacyjnych tego gatunku powrócono w okresie międzywojennym na Uniwersytecie Poznańskim, gdzie w latach 1928-1938 uzyskano 14 odmian. Najlepsza odmiana w tym okresie plonowała na poziomie 1,8 $t \cdot ha^{-1}$. Prace badawcze nad soją prowadzono w tym okresie także w Państwowym Instytucie Naukowym Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach (obecnie Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy w Puławach), ale plony także nie były satysfakcjonujące (1,2-1,8 $t \cdot ha^{-1}$). Przełomowym momentem było wyhodowanie w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie odmiany Progres, która była stosukowo plenna, a jej okres wegetacji wynosił 120-130 dni, dzięki czemu z łatwością dojrzewała. Kolejne polskie odmiany, które można było uznać za wystarczająco dostosowane do warunków klimatycznych Polski (dojrzewały na początku września), charakteryzujące się dobrym potencjałem plonowania, wyhodowano w Katedrze Genetyki i Hodowli Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego (UP) w Poznaniu oraz w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (IHAR) w Radzikowie. Były to następujące odmiany: Polan (hodowli IHAR), wpisana do Krajowego rejestru (KR) w 1986 r., Nawiko (UP) – KR 1991 r., Aldana (IHAR) – KR 1992 r., Jutro (IHAR) – KR 1995 r., Gaj (UP) – KR 1997 r. i Augusta (UP) – KR 2002 r. (19). Odmiany krajowej hodowli w latach 2001-2010

w doświadczeniach COBORU plonowały średnio na poziomie 2,5-3,2 t·ha^{-1}, co jak na soję uprawianą w naszym klimacie było bardzo dobrym wynikiem. W warunkach produkcyjnych południowo-wschodniej Polski plony soi były niższe od uzyskiwanych w doświadczeniach COBORU i wahały się od 1,5 do 2,5 t·ha^{-1}, w zależności od regionu i warunków klimatycznych w danym roku. Pomimo istotnego postępu w hodowli odmian soi przystosowanych do uprawy w warunkach Polski, gwarantujących dobry poziom plonowania, opracowanych technologii i instrukcji uprawowych nie znalazło to przełożenia na rozszerzenie uprawy tego gatunku. Główną przyczyną był brak rynkowej struktury organizacyjnej i logistycznej w zakresie obrotu i wykorzystania nasion roślin strączkowych, w tym również soi. W związku z brakiem zainteresowania uprawą soi w Polsce, przez kilkanaście lat nie wpisano do KR żadnej nowej odmiany, a hodowla twórcza prowadzona była tylko w Poznaniu (8).

Zainteresowanie uprawą soi w Europie jest duże, dlatego prace hodowlane są od lat prowadzone w różnych ośrodkach naukowych. Dzięki temu Lista odmian zaczęła się rozszerzać w ostatnich latach o odmiany zagraniczne. W roku 2015 do krajowego rejestru wpisano dwie nowe odmiany Aligator i Madlen, a w następnym – odmianę Abelina. W kolejnych latach liczba nowych odmian wyraźnie się zwiększyła. W 2017 r. zostało wpisanych do KR 6 odmian soi (w tym jedna polska): GL Melanie, Maja, Paradis, Petrina, Sculptor, Erica, w 2018 r. – 5 odmian: Coraline, ES Comandor, Viola, Regina, Oressa i w 2019 r. – 5 odmian: Aurelina, Adessa, Es Favour, Antigua i Annushka. Obecnie w Krajowym Rejestrze znajdują się 22 odmiany soi, przy czym 73% z nich zostało wpisanych w ciągu ostatnich trzech lat, co świadczy o dużym postępie w hodowli tego gatunku (15). Trzeba jednak wspomnieć, że tylko 3 odmiany pochodzą z krajowej hodowli (Aldana, Augusta, Erica), zaś pozostałe to odmiany zagraniczne (tab. 2). Wskazuje to na konieczność intensyfikacji prac w krajowych punktach hodowli roślin dla bardziej dynamicznego postępu biologicznego. Pomocne powinno być zastosowanie nowoczesnych metod i technologii (31).

Wprowadzenie soi do szerszej uprawy na terenie Polski napotyka wiele trudności związanych głównie z warunkami klimatycznymi i jej ujemną reakcją na długość dnia. Wysokość uzyskiwanych plonów oraz procentowa zawartość składników pokarmowych w nasionach soi uzależniona jest od wielu czynników, w szczególności od warunków pogodowych w okresie wegetacji, doboru odmian i stosowanej agrotechniki, przy czym tylko niektóre z nich mogą być modyfikowane w celu uzyskania wyższego plonu (26, 23, 14, 2).

Tabela 2

Lista odmian znajdujących się w krajowym rejestrze oraz ich charakterystyka pod względem wybranych cech na podstawie ogólnokrajowych wyników PDO

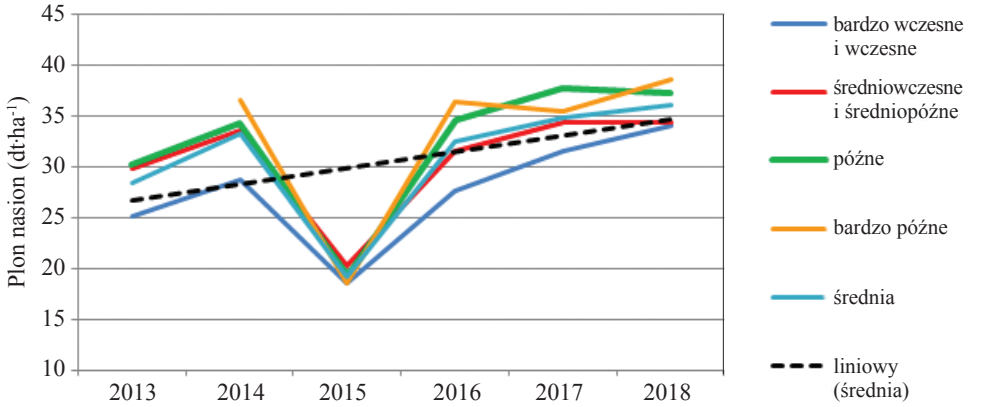
Odmiana	Rok rejestracji	Plon nasion 2018 (% wz.= 37,3 dt z ha)	Zawartość białka ogólnego (% s.m.)	Zawartość tłuszczu surowego (% s.m.)	Wysokość osadzenia najniższych strąków (cm)	Wyleganie przed zbiorem (skala 9º)	Liczba dni od siewu do dojrzałości technicznej	Masa 1000 nasion (g)
Aldana	1992	*	37,7	23,5	9,1	8,0	118	199
Augusta	2002	78	37,1	22,4	10,2	6,7	116	150
Mavka	2013	92	35,9	23,9	12,5	7,3	124	201
Aligator	2015	101	36,3	24,2	11,6	8,4	127	207
Madlen		80	37,4	20,9	10,9	6,4	126	182
Abelina	2016	101	36,7	24,3	12,0	7,6	124	184
GL Melanie	2017	103	37,9	23,0	12,1	8,2	129	195
Petrina		100	35,8	23,9	11,1	7,6	131	186
Sculptor		96	37,7	22,8	11,5	7,2	123	210
Erica		88	37,8	22,9	9,8	7,9	118	193
Maja		80	39,3	23,4	12,8	6,5	125	196
Paradis		84**	38,2	23,8	10,4	8,2	125	208
Coraline	2018	107	37,1	23,8	11,7	7,5	135	180
ES Comandor		106	38,2	22,5	11,2	7,9	129	202
Viola		103	37,9	23,0	10,3	7,7	129	174
Regina		102	39,1	22,6	10,9	8,0	129	210
Oressa		91**	36,6	22,8	10,8	7,9	118	158
Aurelina	2019	105	39,2	22,9	11,1	8,6	128	208
Adessa		101	36,8	24,2	9,2	8,5	117	191
ES Favor		98	37,8	22,7	11,1	8,5	127	199
Antigua		98	36,7	23,5	10,2	8,7	120	210
Annushka		*	*	*	*	*	*	*

*brak danych
**plon nasion 2017(wz.=34,4)

Źródło: COBORU, 2019 (4)

W Polsce obserwowany jest powolny, ale systematyczny wzrost poziomu plonowania soi (rys. 2), co świadczy o coraz lepszym wykorzystaniu jej potencjału plonotwórczego. Bardzo ważny jest odpowiedni dobór odmian do warunków regionu

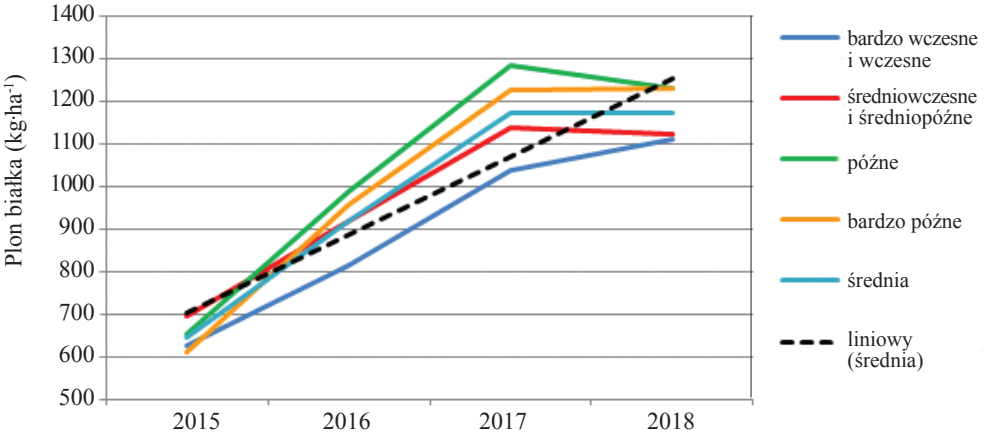
i gospodarstwa. Długość okresu wegetacyjnego w Polsce jest bowiem zróżnicowana pomiędzy częścią północną i północno-wschodnią a południową i południowo-zachodnią, a różnica ta może wynosić 30-40 dni. Dlatego odmiany wczesne można uprawiać w niemal wszystkich regionach kraju z wyjątkiem terenów podgórskich i północnych, natomiast odmiany późne zalecane są do uprawy jedynie w południowej i południowo-zachodniej części kraju.



Rys. 2. Plon nasion soi w zależności od grupy wczesności odmian w latach 2013-2018
Źródło: COBORU, 2019 (4)

Również plon białka uzyskiwany z nasion soi uprawianej w Polsce wykazuje tendencję wzrostową (rys. 3), co jest niezwykle ważne przy wykorzystywaniu nasion na cele paszowe. Świadczy to również o tym, że postęp w hodowli soi zmierza w dobrym kierunku. Aby jednak zwiększyć obszar uprawy tego nowego gatunku w Polsce, musi być spełnionych kilka warunków, spośród których do najważniejszych trzeba zaliczyć: dostępność odmian dostosowanych do uprawy w naszych warunkach klimatycznych, opanowanie agrotechniki przez rolników oraz możliwość sprzedaży nasion. Aktualnie w Polsce pojawiło się kilka czynników sprzyjających uprawie soi. Najważniejszymi są: poszerzenie oferty odmianowej, zwiększenie produkcji i dostępności kwalifikowanego materiału siewnego, dopłaty do uprawy roślin strączkowych oraz do materiału siewnego. Bardzo istotnym czynnikiem jest pojawienie się na szerszą skalę podmiotów gospodarczych skupujących nasiona soi od rolników (24). Najlepszym dowodem obrazującym postęp biologiczny w hodowli tego gatunku w Polsce jest powierzchnia kwalifikowanych plantacji nasiennych. W 2009 r. do kwalifikacji polowej zgłoszono tylko 2 ha trzech polskich odmian soi. W latach 2010 i 2011 nastąpiło zwiększenie powierzchni plantacji, jako skutek wprowadzenia odmiany Merlin (odpowiednio 28 i 48 ha), a w 2012 roku – odmiany Annushka (455 ha). W 2013 r. powierzchnia plantacji nasiennych soi wynosiła blisko 600 ha, natomiast wyraźny wzrost do 2 tys. ha odnotowano w 2014 r. Rok później powierzchnia ta

była już 2-krotnie większa, ale w 2016 i 2017 spadła do około 1,7 tys. ha. W 2018 r. zanotowano jedynie 141 plantacji, które zajmowały powierzchnię niewiele ponad 1,2 tys. ha, jednak wysiano na nich aż 35 odmian soi (PIORiN 2019).



Rys. 3. Plon białka soi w zależności od grupy wczesności odmian w latach 2015-2018
Źródło: COBORU, 2019 (4)

Genetyczne modyfikacje soi

W hodowli roślin stosowane są także metody inżynierii genetycznej, które przyśpieszają proces hodowli. Powoduje to zmianę, bądź nabycie nowych cech fizjologicznych, które są pożądane. Genetyczne modyfikacje roślin prowadzone są na świecie od ponad 30 lat. Powierzchnia uprawy roślin genetycznie modyfikowanych (GMO) rośnie od 1996 roku i w 2017 r. osiągnęła areał 189,8 mln ha. Liderem są Stany Zjednoczone (75 mln ha), ale duże powierzchnie zajmuje uprawa tych roślin także w Brazylii (50,2 mln ha), Argentynie (23,6 mln ha), Kanadzie (13,1 mln ha) oraz w Indiach (11,4 mln ha). W Unii Europejskiej tylko dwa państwa uprawiają kukurydzę GMO odporną na szkodniki, na łącznej powierzchni ponad 130 tys. ha (ISAAA Brief 53-2017).

W odniesieniu do gatunków, zdecydowanie najwięcej uprawia się genetycznie modyfikowanej soi – 94,1 mln ha, co stanowi aż 50% areału upraw GMO. Kolejne miejsca zajmują: kukurydza – 59,7 mln ha (31%), bawełna – 24,1 mln ha (13%) i rzepak – 10,2 mln ha (5%) (FAOSTAT 2019). Porównując te liczby z całkowitą powierzchnią uprawy tych gatunków na świecie, łatwo policzyć, że odmiany GMO stanowią 80% upraw bawełny, 77% - soi, 32% - kukurydzy i 30% - rzepaku. Wśród różnych modyfikacji genetycznych, najczęściej wykorzystywana w praktyce jest tolerancja roślin na działanie herbicydu zwalczającego jedno- i dwuliścienne chwasty (tzw. rośliny *Roundap ready*) oraz nabycie przez rośliny właściwości uniemożliwiających żerowanie larw szkodników (32). W przypadku soi modyfikacje

genetyczne dotyczą wprowadzenia odporności na herbicyd, którego substancją czynną jest glifosat. Wykorzystano w niej gen uzyskany z bakterii *Bacillus thuringensis* niezbędny do produkcji enzymu uodparniającego na działanie glifosatu. Inną modyfikacją wpływającą na zwiększone wykorzystanie soi i wytwarzanych z niej produktów jest obniżenie ilości inhibitorów trypsyny i lektyn w nasionach (1, 5, 11) oraz zwiększenie zawartości białka (6). Ponadto, uzyskano odmiany o niskiej zawartości oligosacharydów (21) i zredukowanej ilości fitynianów, co ułatwia zwierzętom przyswajanie fosforu. Obecnie szacuje się, że około 79% soi dostępnej na rynku to odmiany GMO, głównie z cechami odporności na herbicydy lub szkodniki (33). Uprawy GMO nie uzyskały jednak poparcia opinii publicznej wielu krajów rozwiniętych, a badania sondażowe wykazały, że około 70% Europejczyków i Japończyków wolałoby konsumować żywność wyprodukowaną bez użycia GMO (16).

Podsumowanie

Obecnie, jak i w najbliższej przyszłości śruta sojowa stanowić będzie podstawę produkcji pasz białkowych zwierzęcych, jednak ze względu na konieczność jej importu i wzrastające ceny istnieje konieczność poszukiwania alternatywnych źródeł wysokiej jakości białka paszowego. Rozwiązaniem problemów klimatycznych może być wykorzystanie nowych technik hodowlanych i stworzenie odmian niewrażliwych na warunki klimatu umiarkowanego panującego w Europie. Nowe odmiany można uzyskiwać metodami standardowymi, bardzo czasochłonnymi, bądź też z wykorzystaniem nowoczesnych metod biotechnologicznych i technik biologii molekularnej. Ich praktyczne wykorzystanie w polskim rolnictwie jest jednak niewielkie, o czym świadczy chociażby liczba odmian znajdujących się obecnie w rejestrze, pochodzących z krajowej hodowli. Dlatego perspektywy tworzenia i wykorzystania postępu biologicznego w naszym kraju wymagają pilnych rozwiązań systemowych w zakresie organizacji i finansowania badań.

Literatura

1. Batal A.B., Parsons C.M.: Utilization of different soy products as affected by age in chicks, Poult. Sci. 2003. **82:** 454-462.
2. Biel W., Gawęda D., Łysoń E., Hury G.: Wpływ czynników genetycznych i agrotechnicznych na wartość odżywczą nasion soi. Acta Agroph., 2017, **24(3)**: 395-404.
3. Boczar P.: Znaczenie gospodarcze soi oraz możliwości rozwoju jej produkcji w Polsce. ZN SGGW PRŚ, 2016, **16(3):** 35-48.
4. COBORU, http://www.coboru.pl/DR/porownanieodmian.aspx, 2019 (data dostępu 18.09.2019 r.).
5. Douglas M.W, Parsons. C.M., Hymowitz T.: Nutritional evaluation of lectin-free soybeans for poultry. Poult. Sci., 1999, **78:** 91-95.
6. Edwards III H.M., Douglas M.W., Parsons C.M., Baker D.H.: Protein and energy evaluation of soybean meals processed from genetically modified high-protein soybeans. Poult. Sci., 2000, **79:** 525-527.
7. FAOSTAT, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC, 2019 (data dostępu 19.10.2019 r.).

8. Filoda G., Mrówczyński M. (red.) Metodyka integrowanej ochrony i produkcji soi dla doradców. IOR Poznań, 2016, ss. 137.
9. Gacek E.S.: Postęp biologiczny w hodowli roślin strączkowych. W: Rośliny strączkowe w rolnictwie integrowanym, A. Kotecki (red.), Wrocław, 2012: 9-19.
10. Grabowska K., Banaszkiewicz B.: Wpływ temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na plonowanie grochu siewnego w środkowej Polsce. Acta Agroph., 2009, **13(1):** 113-120.
11. Han Y., Parsons C.M., Hymowitz T.: Nutritional evaluation of soybeans varying in trypsin inhibitor content. Poult. Sci., 1991, **70:** 896-906.
12. ISAAA Brief 53-2017. www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/default.asp, 2017 (data dostępu 29.10.2019 r.).
13. Jerzak M. A., 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., ser. G., 2012, **99(1)**: 113-120.
14. Kołodziej J., Pisulewska E. Wpływ czynników meteorologicznych na plon nasion i tłuszczu oraz zawartość tłuszczu w nasionach dwóch odmian soi. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops., 2000, **XXI (3):** 759-776.
15. Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce. http://www.coboru.pl/Publikacje_COBORU/Listy_odmian/lo_rolnicze_2019.pdf.
16. Małyska A., Twardowski T.: Social and legal determinants for the marketing of GM products in Poland. New Biotech., 2012, **29(3):** 249-254.
17. Mańkowski D., Laudański Z., Flaszka M.: Propozycja metody oceny postępu biologicznego i technologicznego w uprawie roślin na przykładzie pszenicy ozimej. Biuletyn IHAR., 2012, **263:** 91-104.
18. Martyniak J.: Geneza polskich odmian roślin strączkowych. Hod. Ros., 2000, **1**: 49-54.
19. Nawracała J.: Wstęp. W: Metodyka integrowanej ochrony i produkcji soi. G. Filoda, M. Mrówczyński (red.), Poznań, 2016: 7-9.
20. Oleksiak T., Arseniuk E.: Postęp w hodowli roślin uprawnych. Pam. Puł., 2002, **130**: 509-521.
21. Parsons C.M., Zhang Y., Araba M.: Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content. Poult. Sci., 2000, **79:** 1127-1131.
22. PIORiN, https://piorin.gov.pl/nasiennictwo/ocena-materialu-siewnego, 2019.
23. Pisulewska E., Kulig B., Ziółek W., Antoniewicz A.: Wartość pokarmowa nasion dwóch odmian soi w zależności od sezonu wegetacyjnego i terminu zbioru, Acta Agr. et Silv. Ser. Agraria, 1997, **XXXV:** 107-119.
24. Praczyk T., Bubniewicz P., Filoda G., Gwiazdowski R., Kurasiak-Popowska D., Luboiński A., Markowicz M., Nawracała J., Oblicki M.: Soja na świecie i w Polsce. W: Instrukcja uprawy soi. T. Praczyk (red.), IOR-PIB, Poznań, 2017: 4-6.
25. Prusiński J.: Postęp biologiczny w hodowli i uprawie grochu siewnego i bobiku. Fragm. Agron., 2007. **4:** 113-119.
26. Pyzik J.: Wpływ warunków przyrodniczych i czynników agrotechnicznych na plon i skład chemiczny nasion oraz niektóre cechy morfologiczne nowych form soi. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy, 1982, **87:** 3-80.
27. Souza G.M., Catuchi T.A., Bertolli S.C., Soratto R.P.: Soybean under water deficit: Physiological and Yield Responses, In: A Proteomics Approach to Study Soybean and Its Symbiont *Bradyrhizobium japonicum* – A Review, Subramanian, Donald L. Smith (Eds.), InTech, Croatia, Rijeka, 2013.
28. Stein H.H., Berger L.L., Drackley J.K., Fahey G.C., Jr., Hernot D.C., Parsons C.M.: Nutritional properties and feeding values of soybeans and their coproducts. In: Soybeans, Chemistry, Production, Processing, and Utilization. L.A. Johnson, P.J. White, R. Galloway (Eds.), AOCS Press, Urbana IL., 2008: 613-660.
29. Święcicki W.: Breeding methods for forage and grain lupins. Proc. 3rd Int. Lupin Conf., La Rochelle, 1984: 192-205.

30. Święcicki W.: Wybrane zagadnienia genetyki i hodowli łubinu. Mat. Konf. Łubin w gospodarce i życiu człowieka. Poznań, 1993: 23-39.
31. Święcicki W.K., Surma M., Koziara W., Skrzypczak G., Szukała J., Bartkowiak-Broda I., Zimny J., Banaszak Z., Marciniak K.: Nowoczesne technologie w produkcji roślinnej – przyjazne dla człowieka i środowiska. Pol. J. Agron., 2011, **7:** 102-112
32. Świtoński M, Malepszy S.: Postęp biologiczny w rolnictwie w erze genomiki i modyfikacji genetycznych. Nauka, 2012, **1:** 25-35.
33. Tyczewska A., Gracz J., Twardowski T., Małyska A.: Soja przyszłością polskiego rolnictwa? Nauka, 2014, **4:** 121-138.

Adres do korespondencji:

mgr inż. Katarzyna Czopek
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 47 86 798
e-mail: kczopek@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Katarzyna Czopek	0000-0002-7711-6998
Mariola Staniak	0000-0003-1962-9469

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 79-87 **2020**

Marta Wyzińska, Jerzy Grabiński

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

MOŻLIWOŚCI UPRAWY ODMIAN PRZEWÓDKOWYCH W POLSCE*

Słowa kluczowe: pszenica jara, odmiana, termin siewu, „przewódki”

Wstęp

Pod względem ilości rejestrowanych odmian jak i wymienialności materiału siewnego pierwsze miejsce wśród zbóż zajmuje w Polsce – zaliczana do najcenniejszych gatunków – pszenica. Jak większość gatunków należących do tej grupy roślin jest uprawiana jako forma jara i ozima. W ostatnich latach popularność pierwszej z wymienionych form wyraźnie maleje, a stosunkowo duże zainteresowanie jarą formą miało miejsce tylko w latach o szczególnie niekorzystnych warunkach zimowania, (lata 2012 i 2016); (rys. 1); (15), kiedy doszło do wymarznięć zasiewów pszenicy ozimej, a następnie jej przesiewania formą jarą.

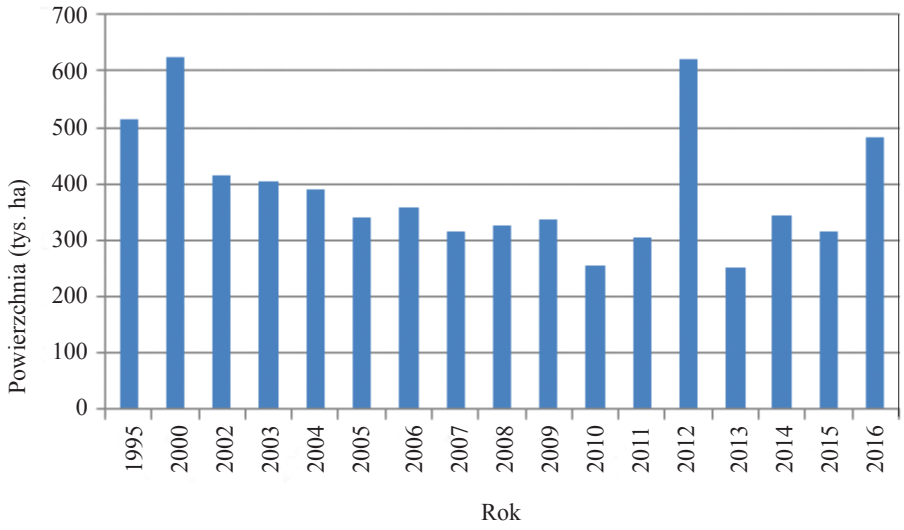
Głównym powodem malejącej popularności pszenicy jarej są zmiany klimatyczne związane z pogłębianiem się problemów wynikających z susz wiosennych, na które odporność sianych wiosną odmian jest zdecydowanie mniejsza.

Wraz z malejącym zainteresowaniem uprawą odmian pszenicy jarej zaczęły pojawiać się w Internecie i prasie popularnonaukowej począwszy od początku obecnego wieku – informacje, że niektóre odmiany zbóż jarych można wysiewać jesienią i zaczęto nazywać je „przewódkami”.

Nie ma wiarygodnych statystyk, określających jak bardzo powszechne są wysiewane odmiany zbóż jarych jesienią, ale zarówno z kontaktów bezpośrednich autorów artykułu z producentami, oraz z popularnej prasy rolniczej, czy też portali internetowych wynika, że jest to zjawisko stosunkowo częste w rejonach, gdzie uprawia się dużo roślin późno schodzących z pola takich jak ziemniak, burak czy kukurydza.

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości uprawy odmian przewódkowych pszenicy jarej w Polsce.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.



Rys. 1. Areał uprawy pszenicy jarej w Polsce w latach 1995–2016

Źródło: GUS, (15)

Odmiany „przewódkowe" pszenicy w krajowym rejestrze

W Polsce jednostką odpowiedzialną za rejestrację odmian roślin uprawnych jest Centralny Ośrodek Badań Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Każda odmiana, aby być wpisana do Krajowego Rejestru, musi przejść ściśle określony system badań (6). W jego ramach znajdują się także badania dotyczące typu rozwojowego roślin. Polegają one na tym, że na oddzielnych poletkach wysiewa się wiosną badane odmiany, oraz odmiany przykładowe o określonym już typie rozwojowym, a ocenę typu rozwojowego przeprowadza się wtedy, gdy najpóźniejsza odmiana jara osiągnie stadium pełnej dojrzałości. Z cytowanej metodyki (6) wynika, że jeśli do tego czasu rośliny danej odmiany osiągną fazę nabrzmienia pochwy liściowej, to zalicza się je do odmian ozimych. Natomiast podstawą do zaliczenia odmiany do grupy przewódek jest osiągnięcie przez nią w tym czasie fazy pełnej dojrzałości mlecznej. Taka procedura pozwala na wydzielenie wśród obecnie zarejestrowanych odmian pszenicy tylko dwóch typów rozwojowych: pszenica zwyczajna jara i pszenicy zwyczajna ozima. Wśród odmian pszenicy nie ma obecnie formy pośredniej – przewódkowej. W związku z tym i w charakterystykach odmian publikowanych przez COBORU nie ma informacji, że któraś z odmian jest formą przejściową. W prezentowanej pracy określenie „przewódka" stosowane dla określenia odmian jarych przydatnych do siewów jesiennych będzie stosowane w cudzysłowiu.

Istniejącą w praktyce informacje o „przewódkowości" danej odmiany praktyka rolnicza zawdzięcza hodowcom, którzy stosują je w stosunku do wybranych odmian (ulotki, broszury) czy na stronach internetowych. Jeszcze w początkach minionej dekady mianem „przewódka" były określane tylko pojedyncze odmiany zbóż, ale obecnie grupa ta jest już stosunkowo szeroka – szczególnie w przypadku pszenicy. Obecnie hodowcy pszenicy jarej zalecają do siewów jesiennych następujace odmiany przewódkowe:

-Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o. w Choryni (Arabella, Goplana, Kandela, Mandaryna, Struna, Telimena i Tonika)
-HR Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR – (Nawra i Nimfa)
-HR Smolice Sp. z o.o. Grupa IHAR – (Ostka Smolicka)
-Małopolska Hodowla Roślin Sp. z o.o. (Harenda, Izera i Żura)
-KWS Lochow Polska Zboża Sp. z o.o. – (KWS Chamsin i KWS Monsun).

Z powyższego zestawienia wynika, że hodowcy proponują obecnie do uprawy piętnaście odmian pszenicy jarej, które można wysiać w terminie jesiennym, co stanowi ponad 30% ogólnej liczby odmian tego gatunku zarejestrowanych w Polsce.

Mrozoodporność odmian „przewódkowych" pszenicy

Najważniejszą cechą danej kreacji hodowlanej uprawniającą hodowcę do zaliczenia jej w poczet odmian „przewódkowych" jest uwarunkowana genetycznie jej odporność na niską temperaturę, która to związana jest bezpośrednio z obecnością w procesie jej hodowli odmian ozimych.

Niewiele jest opublikowanych badań określających mrozoodporność odmian zbóż jarych, gdyż cecha ta nie jest szczególnym celem hodowców. Aktualne doniesienia jednoznacznie potwierdzają, że mrozoodporność odmian „przewódkowych" jest na stosunkowo wysokim poziomie. Przykładem są badania prezentowane na oficjalnej stronie internetowej HR Smolice tabela nr 1 (7), proponowana do siewów jesiennych odmiana Ostka Smolicka charakteryzowała się przeżywalnością roślin w warunkach temperatur do -7° C na poziomie zbliżonym do odmiany ozimej pszenicy Tonacja. Przeżywalność wymienionej przewódki przy temperaturach -9° C i -11° C była już wyraźnie obniżona, ale ciągle wyższa niż odmiany ozimej Clever, która cieszyła się sporą popularnością w Polsce na początku minionej dekady.

Tabela 1

Wyniki testu mrozoodporności – Smolice

Odmiana	% roślin żywych				
	-3°C	-5°C	-7°C	-9°C	-11°C
Ostka Smolicka	100	97	90	58	57
Tybalt	100	96	71	42	37
Parabola	100	93	59	40	26
Tonacja (oz)	100	100	93	94	75
Clever (oz.)	100	100	93	52	31

Źródło: opracowanie własne

Produkcyjność pszenicy jarej w warunkach różnych terminów siewu

Badania nad formami pośrednimi (pomiędzy formą ozimą a jarą) w Centralnej Europie miały miejsce już w początkach minionego wieku (Servít 1913, Fruwirth 1914, 1918, Stehlík i Tymich 1920, Lewitzki 1927, Flagsberger 1929), ale w kolejnych dekadach wyraźnie zmalało. Na początku obecnego wieku, zainteresowanie odmianami „przewódkowymi" gwałtownie wzrosło. Badania dotyczyły produkcyjności odmian przewódkowych w różnych warunkach siedliska. Przy czym nierzadko do swych badań dołączali także odmiany niewskazywane przez hodowców do siewów jesiennych. W związku z tym wyniki badań były bardzo zróżnicowane. W badaniach Webera i Kausa (19) niektóre odmiany pszenicy jarej (Olimpia i Helia) wykazywały tendencję do wyższych plonów w późnym jesiennym siewie w porównaniu z siewami wiosennymi, podczas gdy inne (Zebra, Torka i Nawra) wykazywały odwrotną tendencję, a zatem autorzy określili je jako nieodpowiednie do siewu jesiennego. Bardzo ważnym czynnikiem w badaniach nad „przewódkami" był termin siewu jesiennego. Wyniki badań jednoznacznie wskazały, że znaczenie ma nie tylko termin siewu wykonany jesienią czy wiosną, ale także to czy siew zostanie wykonany wczesną czy też późną jesienią. Jak podaje Grocholski i in. (5) w pierwszym roku badań, wysiewając pszenicę odmiany Monsun, w listopadzie uzyskano o 0,33 $t \cdot ha^{-1}$ wyższy plon ziarna w stosunku do osiągniętego z siewu w październiku. Taki efekt siewu listopadowego potwierdzili również w swoich badaniach Wenda-Piesik i Wasilewski (21). Uzyskali oni średni plon ziarna pszenicy Monsun przy siewie w warunkach późnej jesieni w wysokości 5,83 $t \cdot ha^{-1}$, to jest więcej od osiągniętego w warunkach wcześniejszego terminu siewu o 1,03 $t \cdot ha^{-1}$ (tj. 21,5%). Podobną obniżkę plonów wskutek opóźnienia siewu obserwowano u odmian typowo ozimych. Przy czym zarówno u formy ozimej jak i u przewódek zmniejszenie plonu wskutek opóźnienia siewu wynikało ze skrócenia okresu wegetacji, redukcji liczby kłosów na jednostce powierzchni, zmniejszenia liczby ziaren w kłosie, ograniczenia masy 1000 ziaren i wysokości roślin.

Pozytywny wpływ siewu jesiennego na plonowanie odmian pszenicy jarej został potwierdzony w badaniach IUNG PIB (23); (tab. 2). W wymienionych badaniach najwyższy plon ziarna uzyskano stosując stosunkowo wczesne siewy − w trzeciej dekadzie października. Średni plon ziarna z obiektów, na których wysiewano pszenicę w listopadzie (II termin) był prawie o 0,3 $t \cdot ha^{-1}$ niższy (tab. 2). Natomiast najniższy plon ziarna uzyskano z siewu wiosennego. Różnice w reakcji odmian na termin siewu były znaczne, ale statystycznie nieistotne. Średnio odmiana Tybalt charakteryzowała się najwyższym plonem ziarna natomiast odmiana Cytra najniższym. W przypadku tej drugiej odmiany, powodem obniżenia poziomu plonowania w pierwszym terminie siewu było zmniejszenie obsady roślin na jednostce powierzchni.

Tabela 2

Plon ziarna pszenicy jarej (t·ha^{-1}) w miejscowości Bezek (średnia z lat 2009-2011)

Termin siewu (A)	Odmiana (B)					
	Tybalt	Cytra	Bombona	Monsun	Parabola	Średnia
I	8,00	6,49	7,13	7,59	7,08	7,26
II	7,49	6,29	6,79	7,18	7,14	6,98
III	6,95	5,36	5,77	6,07	6,42	6,11
Średnia	7,48	6,05	6,56	6,94	6,88	–
NIR $_{0,05}$ dla: A = 0,403; B = 0,405; B/A = r.n.						

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Wyzińska i Grabiński, 2018 (22)

Tabela 3

Masa 1000 ziaren (g) pszenicy jarej w miejscowości Bezek (średnia z lat 2009-2011)

Termin siewu (A)	Odmiana (B)					
	Tybalt	Cytra	Bombona	Monsun	Parabola	Średnia
I	43,17	38,57	40,90	43,86	50,96	43,49
II	42,38	36,48	41,99	42,46	49,79	42,62
III	42,64	35,92	37,27	40,53	47,00	40,67
Średnia	42,73	36,99	40,05	47,00	49,25	–
NIR $_{0,05}$ dla: A = 2,030; B = 2,450; B/A = 3,450						

Źródło: Wyzińska i Grabiński, 2018 (22)

Wysiane jesienią „przewódki" najczęściej dobrze zimują, chociaż w określonych warunkach może dojść do uszkodzenia łanu. W badaniach prowadzonych w IUNG PIB w Puławach (24) taka sytuacja miała miejsce w sezonie 2008/2009 (tab. 5). Wówczas nie wzeszła pszenica jara wysiana w terminie listopadowym (II), a bezpośrednią tego przyczyną były duże spadki temperatur połączone z brakiem okrywy śniegowej. Średni plon ziarna z pozostałych dwóch terminów tzn. z siewu październikowego i wiosennego nie różnił się istotnie (tab. 5). Reakcja odmian na termin siewu była zróżnicowana. Zdecydowanie najniżej plonującą przy siewie jesiennym była odmiana Cytra, a najwyżej odmiana Tybalt. W drugim sezonie wegetacyjnym (zbiór 2010) większych uszkodzeń łanu w okresie zimy nie stwierdzono, ale różnice w poziomie uzyskiwanych plonów z siewów jesiennych i wiosennych były znaczne. Najwyższe plony ziarna uzyskano przy siewie pszenicy w listopadzie, a plony ziarna z terminu październikowego i wiosennego były istotnie niższe. Stwierdzono również duże różnice odmianowe. Najwyższy plon ziarna uzyskano z odmiany Tybalt, a najniższy z odmiany Bombona (tab. 5). Średnia różnica w plonie dla tych odmian w omawianym roku badań wynosiła 1,48 t·ha^{-1}. W kolejnym sezonie (2010/2011) najwyższe plony uzyskano przy siewie październikowym, a opóźnienie siewu w stosunku do tego terminu o 2-3 tygodnie spowodowało zmniejszenie plonu średnio o ponad 0,5 t·ha^{-1}, natomiast plon ziarna uzyskany z siewu wiosennego był niższy niż z siewu jesiennego-październikowego o 1,07 t·ha^{-1} i jesiennego-listopadowego

o 0,54 t·ha^{-1} (24). Podobnie jak w latach poprzednich czynnik odmianowy istotnie różnicował plony. Najwyższy plon ziarna wydała odmiana Tybalt, a najniższy Cytra. Różnica w plonie ziarna między tymi odmianami wynosiła 24,5%.

Głównym powodem zwiększonej plenności odmian przy siewach jesiennych w stosunku do wiosennych jest większa obsada kłosów na jednostce powierzchni i wyższa masa 1000 ziaren. W badaniach własnych (24) masa 1000 ziaren pszenicy jarej pochodzącej z siewu jesiennego była wyższa niż z siewu wiosennego (tab. 5). Podobne efekty w tym zakresie uzyskiwali także Grocholski i in. (5), Kardasz i in. (8) oraz Wenda-Piesik i in. (20). Badania Sułek i in. (18) wykazały, że o zwiększonej plenności pszenicy jarej w warunkach siewu jesiennego decydowała zwiększona masa ziarna z kłosa i większa liczba ziarniaków z kłosa. Natomiast dorodność ziarna oceniana na podstawie masy 1000 ziaren w bardzo małym stopniu zależała od terminu siewu (tab. 4).

Tabela 4

Plon ziarna i elementy struktury plonu pszenicy jarej w zależności od terminu siewu

Termin siewu	Plon ziarna (kg/m^2)	Masa 1000 ziaren (g)	Liczba kłosów na 1 m^2	Masa ziarna z kłosa (g)	Liczba ziaren z kłosa	Rozkrzewienie produkcyjne
Sezon wegetacyjny 2007-2008						
I	0,75 c	43,6 a	286 b	2,60 a	60,3 a	1,7 a
II	1,13 a	43,6 a	447 a	2,52 a	57,8 a	2,0 a
III	1,06 a	42,8 a	426 a	2,47 a	57,9 a	2,1 a
IV	0,91b	43,7 a	579 a	1,82 b	40,9 b	1,3 b
Sezon wegetacyjny 2008-2009						
I	1,02 a	41,3 a	594 a	1,73 a	42,1 a	1,5 b
II	0,94 a	40,7 a	614 a	1,53 ba	37,7 ab	1,6 b
III	0,82 b	39,3 a	582 a	1,37 cb	35,1 b	2,2 a
IV	0,75 b	39,7 a	614 a	1,27 c	32,0 b	1,4 b
Sezon wegetacyjny 2009-2010						
I	0,84 ab	42,8 a	442 b	1,90 a	44,5 a	1,4 b
II	0,98 a	42,5 a	544 a	1,80 a	42,7 a	1,6 a
III	0,96 a	41,7 a	542 a	1,77 a	42,5a	1,3 b
IV	0,75 b	39,1 b	530 a	1,36 b	35,0 b	1,2 b

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami (w kolumnach) nie różnią się istotnie przy α = 0,05
Źródło: Sułek i in., 2017 (18)

Tabela 5

Plon ziarna pszenicy jarej (t·ha^{-1}) w miejscowości Cicibór Duży

Lata	Termin siewu (A)	Odmiana (B)					
		Tybalt	Cytra	Bombona	Monsun	Parabola	Średnia
2009	I	6,26	3,60	6,12	6,13	5,28	5,48
	II	–	–	–	–	–	–
	III	6,01	5,56	5,61	5,60	5,39	5,63
Średnia		6,13	4,58	5,86	5,86	5,33	–
NIR $_{0.05}$ dla: A = r.n..; B = 0,473; B/A = 0,769							

Tabela 5 cd.

2010	I	7,47	6,30	5,56	6,76	6,19	6,46
	II	8,10	6,78	6,51	7,19	7,10	7,14
	III	6,69	5,59	5,76	6,72	6,46	6,24
Średnia		7,42	6,22	5,94	6,89	6,58	–
NIR $_{0.05}$ dla: A = 0,108; B = 0,273; B/A = 0,473							
2011	I	5,19	4,06	4,43	4,84	4,56	4,61
	II	4,76	3,01	3,74	4,58	4,27	4,07
	III	3,80	3,30	3,33	3,71	3,55	3,54
Średnia		4,58	3,46	3,83	4,38	4,12	–
NIR $_{0,05}$ dla: A = 0,530; B = 0,769; B/A = r.n.							

r.n. – różnice nieistotne
Źródło: Wyzińska i Grabiński, 2019 (24)

Tabela 6

Masa 1000 ziaren (g) pszenicy jarej

Lata	Termin siewu (A)	Odmiana (B)					
		Tybalt	Cytra	Bombona	Monsun	Parabola	Średnia
2009	I	36,25	24,46	36,29	35,54	37,04	33,91
	II	–	–	–	–	–	–
	III	34,97	30,38	34,91	34,73	42,15	35,43
Średnia		35,61	27,42	35,60	35,13	39,60	–
NIR $_{0,05}$ dla: A = 1,500; B = 8,700; B/A = 4,080							
Synteza z lat 2010-2011	I	43,77	40,81	38,19	42,69	50,86	43,26
	II	39,74	39,82	39,41	43,84	48,25	42,21
	III	37,06	34,00	37,36	42,07	44,49	38,99
Średnia		40,19	38,21	38,32	42,86	47,87	–
NIR $_{0,05}$ dla: A = 2,500; B = 6,200; B/A = r.n.							

r.n. – różnice nieistotne
Źródło: Wyzińska i Grabiński, 2019 (24)

Podsumowanie

Popularność pszenicy jarej w ostatnich latach wyraźnie maleje, co związane jest z pogłębiającym się problemem susz wiosennych silniej oddziałującym negatywnie na plenność tej formy niż ozimej. Jest to zjawisko, które z jednej strony należy oceniać pozytywnie, gdyż uprawa pszenicy ozimej − nawet przy siewie bardzo późnym – daje możliwość uzyskania na ogół zdecydowanie wyższych plonów ziarna w porównaniu do formy jarej wysianej wiosną. Z drugiej strony malejąca popularność wyhodowanych już odmian jarych związana jest ze zmniejszeniem możliwości wykorzystania w pełni potencjału tkwiącego w odmianach, co jest zjawiskiem negatywnym. Rozszerzenie

możliwości siewu wybranych odmian pszenicy jarej o okres jesienny (a nawet zimowy) można traktować jako metodę do lepszego wykorzystania potencjału genetycznego wyhodowanych odmian. Wyniki badań wskazują, że odmiany „przewódkowe" w stosunku do których zastosowano siew jesienny, na ogół dobrze zimują, a plony są zdecydowanie wyższe niż przy siewie wiosennym.

Nie wszystkie problemy dotyczące produkcyjności odmian „przewódkowych" znalazły dotychczas swoje odzwierciedlenie w literaturze naukowej w wystarczającym zakresie. Brak jest w literaturze dostatecznych dowodów na wyższy poziom plonowania odmian „przewódkowych" niż ozimych w warunkach późnojesiennego siewu. Dotychczasowe wyniki badań w tym zakresie nie dają podstaw do postawienia takiego wniosku. Po przedplonach późno schodzących z pola rodzi się dylemat czy wysiewać pszenicę ozimą czy przewódkowe odmiany pszenicy jarej, czy raczej poczekać do wiosny i wysiać pszenicę jarą. Technologia uprawy odmian przewódkowych jest kompromisem pomiędzy siewem zbóż ozimych w późniejszym terminie i ryzykiem ich gorszego przezimowania, a siewem zbóż jarych w optymalnym terminie, które zawsze plonują niżej od zbóż ozimych i ponadto są wrażliwe na susze wiosenne. Obecnie w Zakładzie Uprawy Roślin Zbożowych IUNG-PIB w Puławach prowadzi się badania, które mają na celu porównanie opłacalności produkcji pszenicy jarej wysianej w terminie jesiennym w stosunku do pszenicy ozimej. Badania są prowadzone w różnych rejonach kraju, a więc w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych. Tak szerokie badania dadzą odpowiedź na problem związany z jesiennym siewem pszenicy jarej.

Literatura

1. Budzyński W., Krasowicz S.: Produkcja zbóż w Europie i Polsce na przełomie XX i XXI wieku. Fragm. Agron., 2008, **(25)1**: 50-66.
2. Flagsberger K. A.: Pšenicy dvuručki. Izd. Gosud. Inst. Opytnoj agronomii Sv., 1929 VII: 3-4.
3. Fruwirth C.: Zur Frage erblicher Beeinflussung durch äussere Verhältnisse. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, 1914: 2.
4. Grabiński. J., Jaśkiewicz B., Podolska G., Sułek A.: Termin siewu w uprawie zbóż. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **9**: 37-45.
5. Grocholski J., Sowiński J., Kulczycki G., Wardęga S.: Wpływ terminu siewu przewódkowych odmian pszenicy uprawianych na glebie pyłowo-ilastej na plon i parametry morfologiczne roślin. Zeszyty Nauk AR we Wrocławiu, 2007, Rolnictwo, XCI, **560**: 7-12.
6. Grzesiek H.: Metodyka badania odrębności, wyrównania i trwałości (OWT) odmian roślin uprawnych. Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L., OWT/PSZ/003/4 Rev. 2(8). Słupia Wielka, 2014.
7. HR Smolice.: strona internetowa. https://www.hrsmolice.pl/zboza/ pszenica-zwyczajna-jara/40-ostka-smolicka); (data dostępu 11.05.2020 (data dostępu: 18.10.2019 r.).
8. Kardasz P., Bubniewicz P., Bączkowska E.: Ocena stanu zachwaszczenia i plonowanie czterech odmian pszenicy jarej przewódkowej wysianych w różnych terminach. Prog. Plant Prot./ Postępy w Ochronie Roślin, 2010, **50(3)**: 1366-1374.
9. Krzymuski J.: Postęp odmianowy w produkcji zbóż w Polsce. Część I. Problematyka, zakres, materiał i metody badań. Biul. IHAR, 1991, **177**: 146–155.
10. Lewitzki S. 1927. Różnice w biologii zbóż ozimych i jarych. Pamiętnik Państwowego Instytutu Naukowego w Puławach, V VIII, A.

11. Lisowska M., Bombik A., Ziemińska J., Wyrzykowska M., Deska J.: Struktura odmianowa zbóż uprawianych w wybranych rejonach polski wschodniej i centralnej w relacji do list zalecanych odmian (LZO). Fragm. Agron., 2012, **29(2)**: 87-97.
12. OECD-FAO Agricultural outlook 2018-2027 OECD/FAO 2018 http://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2018-2027/en/ (data dostępu 11.05.2020 r.).
13. Ozturk A., Caglar O., Bulut S.: Growth and field response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. J. Agron Crop Sci., 2006, **192**: 10-16.
14. Podolska G., Wyzińska M.: Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na gęstość i termin siewu. Polish J. Agron., 2011, **6**: 44-51.
15. Rocznik Statystyczny Rolnictwa. GUS (2000-2017).
16. Servít M.: Die züchterische Bearbeitung des Wechselweizen. Monatshefte für Landwirtschaft, Bd. VI, Wien, 1913.
17. Stehlík V., Tymich V. : Šlechtitelský význam variet a typu skládající českou červenou přesívku. Zemědělský Archiv, 1920, **11**: 9-10.
18. Sułek A., Nieróbca A., Cacak-Pietrzak G. Wpływ jesiennego terminu siewu na plon i jakość ziarna pszenicy jarej. Polish J. Agron., 2017, **29**: 43-50.
19. Weber R., Kaus A.: Plonowanie odmian pszenicy jarej w zależności od terminu siewu w warunkach południowo-zachodniej Polski, Fragm. Agron., 2007, XXIV, **2(94)**: 372-380.
20. Wenda-Piesik A., Holkova L., Solarova E., Pokorny R.: Attributes of wheat cultivars for late autumn sowing genes expression and field estimates. European J. Agron., 2016, **75**: 42-49.
21. Wenda-Piesik A., Wasilewski P.: Reakcja pszenicy jarej „Monsun" i żyta jarego „Bojko" na późnojesienne terminy, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2015, **580**: 149-159.
22. Wicki L.: Postęp w plonowaniu odmian pszenicy ozimej i żyta. Roczniki Naukowe SERiA, 2017, XIX, **4**: 224-230.
23. Wyzińska M., Grabiński J.: The influence of autumn sowing date on the productivity of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Research for Rural Development 2018, Annual 24th International Scientific Conference Proceedings. Latvia, Jelgava, 2018, **2**: 35-41.
24. Wyzińska M., Grabiński J.: Productivity and technological value of spring wheat in the conditions of autumn sowing date, Engineering for Rural Development 2019, 18th International Scientific Conference Proceedings. Latvia, Jelgava, 2019: 583-593.

Adres do korespondencji:

dr inż. Marta Wyzińska
dr hab. Jerzy Grabiński, prof. IUNG-PIB
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: mwyzinska@iung.pulawy.pl
jurek@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Jerzy Grabiński	0000-0003-0427-9398
Marta Wyzińska	0000-0002-2763-7955

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 89-99 **2020**

Karolina Smytkiewicz, Janusz Podleśny

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

METODY OCENY STANU ODŻYWIENIA ROŚLIN AZOTEM*

Słowa kluczowe: azot, ocena odżywienia azotem, testy roślinne, metody polowe, metody chemiczne

Wstęp

Azot jest jednym z ważniejszych pierwiastków warunkujących wielkość i jakość plonu roślin uprawnych. Jego głównym źródłem w produkcji roślinnej są nawozy naturalne i mineralne. Odpowiednio dostosowana dawka nawozu do potrzeb pokarmowych roślin korzystnie wpływa na ich wzrost i rozwój. Natomiast niedobór azotu przyczynia się do osłabienia przyrostu suchej masy roślin a w konsekwencji powoduje obniżenie wysokości i jakości ich plonu. Z kolei nadmiar tego pierwiastka negatywnie oddziałuje zarówno na rośliny, jak i jakość plonów oraz ekosystem, powodując eutrofizację środowiska wodnego. Prawidłowa dawka nawozu, optymalny termin oraz forma i sposób aplikacji pozwalają ograniczyć straty azotu ze środowiska (3). Dlatego też, istotne jest racjonalne nawożenie tym pierwiastkiem, które pozwala na osiągnięcie wysokich i dobrych jakościowo plonów z uwzględnieniem celu środowiskowego (17). Istotną rolę w optymalizacji nawożenia azotem pełni test azotu mineralnego (N_{min}). Pierwsze badania weryfikujące przydatność tej metody zostały przeprowadzone w IUNG w Puławach pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku (6). Pobrane próby gleby poddawane są analizie chemicznej w celu określenia zawartości azotu mineralnego tj. form $N\text{-}NO_3$ i $N\text{-}NH_4$ w warstwie gleby 0-90 cm (5, 21). Test N_{min} wykonywany jest najczęściej wczesną wiosną przed rozpoczęciem wegetacji, ponieważ jest on wykorzystywanymi między innymi w doradztwie nawozowym. Otrzymane wyniki pozwalają bowiem na uściślenie i odpowiednie dostosowanie pierwszej dawki azotu.

Do oceny aktualnego stanu odżywienia roślin azotem stosuje się roślinne testy azotowe wykorzystujące metody wizualne, analizy chemiczne oraz polowe metody

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

instrumentalne. Na podstawie wyników tych testów możliwe jest korygowanie dawek nawozów mineralnych.

Celem pracy był opis metod destrukcyjnych i niedestrukcyjnych służących do oceny stanu odżywienia roślin uprawnych azotem.

Metody wizualne

Metody wizualne należą do metod jakościowych, które pozwalają na subiektywną ocenę niedoboru lub nadmiaru składników pokarmowych w roślinach. Diagnostyka wizualna może być pomocna tylko w przypadku ostrych niedoborów makro i mikroelementów. Przeciętna zawartość azotu w suchej masie powinna wynosić od 0,1 do 6,0 %. Charakterystycznym objawem niedoboru tego pierwiastka jest chloroza liści prowadząca do całkowitego żółknięcia blaszek wraz z nerwami oraz ich opadanie (12). Często obserwowane jest również hamowanie wzrostu oraz małe krzewienie, a także łatwa reutylizacja, czyli transport azotu z organów starych do aktualnie najbardziej potrzebujących tego składnika. Dlatego niedobory azotu w postaci żółtych liści obserwowane są w dolnej części łodygi czy źdźbła (fot.1). W przypadku tej metody istotna jest wiedza na temat warunków pogodowych oraz zasobności gleby w dostępne formy składników pokarmowych i jej odczynu (20).

Fot. 1. Objawy niedoboru azotu

Źródło: Rosada i wsp., 2011 (15)

Test SPAD

Test SPAD (ang. *Soil Plant Analysis Development*) zwany również indeksem zielności liścia, służy do przyżyciowego pomiaru zawartości chlorofilu w liściach. W tej metodzie wykorzystywany jest specjalny przyrząd optyczny SPAD-502 (fot. 2), znany także jako N-tester, który został opracowany i wprowadzony na rynek przez firmę Minolta.

Fot. 2. Chlorofilometr SPAD-502

fot. Karolina Smytkiewicz

Indeks zieloności liścia pozwala wykryć nawet niewielkie niedobory azotu i służy do pomiaru różnicy między ilością światła absorbowanego (o długości fali 650 nm) oraz przepuszczalnego (o długości fali 940 nm); (13). Na podstawie poniższego wzoru wyznaczana jest wartość testu SPAD (19):

$$SPAD = (940\ nm - 650\ nm)/(650\ nm - 940\ nm)$$

Ponieważ chlorofil nie absorbuje światła zielonego (470-620 nm), rośliny optymalnie odżywione azotem posiadają bardziej zielone liście, gdyż odbijają one więcej widma zielonego światła słonecznego. Żółty odcień liści może świadczyć o nieodpowiednim odżywieniu roślin azotem. Niedobory tego pierwiastka powodują chlorozy liści, a w konsekwencji ich obumieranie. Istotne jest, aby wyznaczyć krytyczne wartości dla testu SPAD. W przypadku uzyskania niższych wartości zaleca się zastosowanie uzupełniającej dawki azotu (17).

Badania mające na celu ocenę przydatności testu SPAD rozpoczęto w Polsce w 1993 roku. Wyniki doświadczeń wykazały, że istnieje zróżnicowanie odczytów między gatunkami roślin uprawnych a nawet ich odmianami (tab.1).

Tabela 1
Średnie wartości odczytów SPAD dla odmian pszenicy ozimej w zależności od nawożenia azotem

Odmiana	Liczebność	Odczyty SPAD dla dawek N ($kg \cdot ha^{-1}$)		Współczynnik zmienności odczytów	
		0	120 (125)*	0	120 (125)*
Almari	27	367	551	18,9	11,2
Wilga	216	447	630	15,3	7,4
Begra	216	415	591	15,3	9,3
Kobra	198	458	637	13,6	8,5

*120 kg $N \cdot ha^{-1}$ dla odmian Wilga, Begra i Kobra, 125 kg $N \cdot ha^{-1}$ dla odmiany Almari
Źródło: Fotyma i Fotyma, 2002 (8)

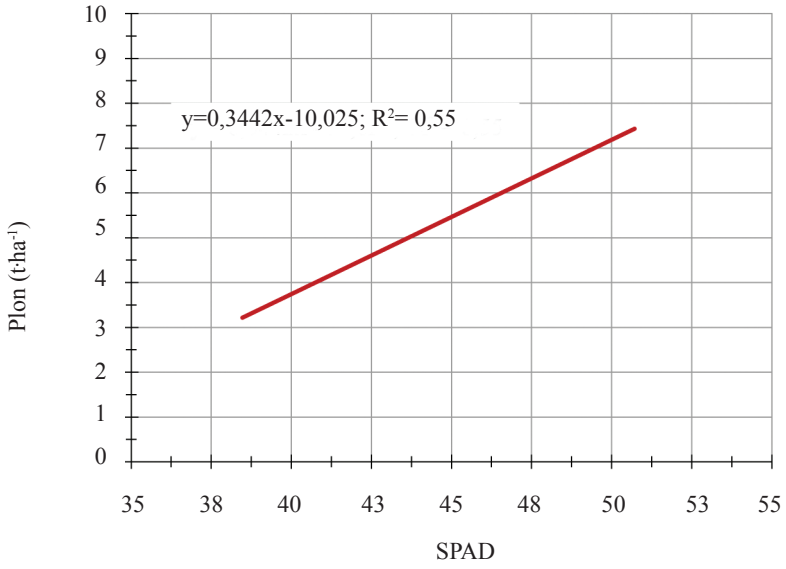
W związku z tym, w Zakładzie Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG-PIB w Puławach dokonano kalibracji przyrządu optycznego dla różnych gatunków roślin uprawnych. Na wynik pomiaru testu SPAD wpływają również takie czynniki jak: dawka, termin i sposób aplikowanego nawozu mineralnego, stres abiotyczny i biotyczny, termin odczytów i sposób wykonywania pomiarów, zagęszczenie łanu oraz stosowany system produkcji (tab. 2, rys. 1).

Tabela 2
Wartości odczytów SPAD dla pszenicy ozimej uprawianej w systemach produkcji roślinnej

Termin pomiaru/faza rozwojowa pszenicy (wg Zadoksa)	System produkcji roślinnej			
	konwencjonalny	integrowany	ekologiczny	monokultura
I termin/strzelanie w źdźbło (31)	50,7 d*	48,3 c	38,5 a	44,3 b
II termin/kłoszenie (49)	52,4 d	49,1 b	42,1 a	50,8 c
III termin/kwitnienie (65)	53,1 b	52,6 b	44,6 a	52,3 b

*liczby w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie (α= 0,05)
Źródło: Smytkiewicz, 2019 (18)

Test SPAD jest metodą niedestrukcyjną, która pozwala na szybkie otrzymanie wyniku bez konieczności wykonywania analiz chemicznych. Przyżyciowy pomiar zawartości chlorofilu wykonuje się w łanie roślin, bezpośrednio na rozwiniętym liściu. Średnia z 30 odczytów jest wyrażana w niemiarowych jednostkach SPAD w skali od 0 do 800 (starsze urządzenia); (17) i od 0 do 200 (nowsze urządzenia); (2) . Wzrost wartości odczytów testu SPAD odnotowywany jest po 3 tygodniach od aplikacji pierwszej dawki azotu. Istotnym terminem pomiarów w przypadku zbóż jest faza strzelania w źdźbło (BBCH 30-31). Uzyskane wyniki pozwalają ocenić aktualne zapotrzebowanie roślin na azot oraz umożliwiają dostosowanie niezbędnej, brakującej dawki nawozu w okresie największego zapotrzebowania na ten składnik. Indeks zielności liścia jest istotny w ocenie stanu odżywienia azotem różnych gatunków roślin zbożowych (pszenica, jęczmień, żyto, owies, kukurydza i ryż), a także ziemniaka, pomidora czy tytoniu i znajduje zastosowanie w rolnictwie precyzyjnym.



Rys. 1. Zależność między plonem ziarna pszenicy ozimej a odczytami SPAD (faza strzelania w źdźbło)

Źródło: Smytkiewicz, 2019 (18)

Test NDVI

W rolnictwie precyzyjnym do stosowania zmiennej dawki azotu wykorzystuje się czujniki optyczne, które montowane są na ciągniku lub belce opryskiwacza. Urządzenie mierzy ilość światła odbitego od łanu w zakresie bliskiej podczerwieni, która informuje o gęstości łanu roślin. Z kolei o zawartości chlorofilu w liściach informuje ilość światła odbitego w zakresie czerwieni (o długości fali 650-720 nm). Uzyskane dane rejestrowane są w postaci wskaźników wegetacyjnych. Najczęściej stosowanym wskaźnikiem jest NDVI (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*). Znormalizowany wskaźnik zieleni wyliczany jest z poniższego wzoru (16):

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR+R)$$

gdzie:
R – wartość odbicia promieniowania w paśmie czerwonym
NIR – wartość odbicia promieniowania w bliskiej podczerwieni

Wartość NDVI waha się od -1 do 1, w tym na przykład dla pszenicy ozimej uzyskuje wartości w przedziale od 0,3 do 0,9. Znormalizowany wskaźnik zieleni zależy od koloru łanu. Im zieleńszy i bujniejszy łan, tym wartości NDVI są wyższe.

Dawka nawozu dobierana jest proporcjonalnie do uzyskanych wyników testu. Ważne jest, aby przed rozpoczęciem pracy wprowadzić do programu informacje na temat gatunku rośliny i aktualnego stadium jej rozwoju, wielkości średniej zalecanej dawki N oraz zakresu maksymalnej i minimalnej dawki nawozu. Dobrze odżywione rośliny odbijają około 50% promieniowania podczerwonego, a pochłaniają ponad 92% światła widzialnego. Jednak pod wpływem czynników niekorzystnych, tj. stres biotyczny i abiotyczny, wartości te ulegają zmianom. Rośliny odbijają wtedy około 40% światła w zakresie bliskiej podczerwieni, a ilość pochłoniętego przez nie światła spada do 70%. Na polskim rynku dostępne są następujące czujniki optyczne: CropSensor Isaria- Class, CropSpec-Topcon, GreenSeeker-Trimble, N-Sensor ALS – Yara. Urządzenie GreenSeeker (fot. 3) opracowane przez firmę NTech Industries Inc. jest wykorzystywane do pomiaru wskaźników wegetacyjnych, które opiera się na technologii pomiarów praktycznych. Pozwala to na dostosowanie odpowiedniej dawki azotu na podstawie aktualnej zawartości chlorofilu w liściach oraz wigoru roślin. Czujnik optyczny przekazuje informację do komputera zamontowanego na ciągniku lub opryskiwaczu. Następnie za pomocą wbudowanego do urządzenia algorytmu wyliczana jest dawka nawozu. Specjalne oprogramowanie urządzenia umożliwia tworzenie map rozkładu przestrzennego oraz posiada system doradztwa nawozowego. Czujnik GreenSeeker jest zaopatrzony we własne źródło światła, dzięki czemu dokonywanie pomiarów jest możliwe o każdej porze dnia, bez względu na panujące warunki atmosferyczne (22).

Fot. 3. Czujnik optyczny GreenSeeker RT 200 (NTech, USA) do pomiaru NDVI
Źródło: Niedźwiedzki i in., 2015 (14)

Metody chemiczne

Metody chemiczne pozwalają dokładnie określić aktualną zawartość danych pierwiastków w roślinie.Stosując je można oszacować całkowitą zawartość danego pierwiastka albo jego formy w częściach nadziemnych, liściach lub korzeniach. Ponieważ obecnie znane są średnie zawartości składników pokarmowych w roślinach więc za pomocą analiz chemicznych możliwa jest także precyzyjna, liczbowa ocena ich niedoboru lub nadmiaru. Metody chemiczne dzielą się na pośrednie oraz bezpośrednie. Szerokim zastosowaniem wyróżnia się test SPAD, jako pośrednia metoda chemiczna. Test NNI – Indeks Odżywienia Azotem należy do chemicznych metod bezpośrednich.

Test azotu ogólnego

Oceny stanu odżywienia roślin azotem można dokonać za pomocą testu azotu ogólnego. Jest to najstarsza metoda wykorzystywana w Polsce w celu oznaczenia zawartości tego pierwiastka w części nadziemnej rośliny lub jej liściach i źdźbłach. W okresie wegetacji ilość azotu w suchej masie jest zmienna w zależności od danej fazy rozwojowej (tab. 3), analizowanej części wskaźnikowej, dobranej odmiany oraz warunków agrotechnicznych (9). Z tego powodu analiza otrzymanych wyników testu azotu ogólnego może być trudna do interpretacji. Do przeprowadzenia testu najczęściej wykorzystuje się metodę Kiejdahla. Jednak poprawne określenie zawartości azotu w roślinie wymaga czasu potrzebnego do pobrania prób roślinnych w ściśle określonych fazach rozwojowych i ich suszenia a następnie wykonania analizy chemicznej dlatego też, test azotu ogólnego często zastępowany jest testem NNI.

Tabela 3

Przeciętne zawartości azotu w wybranych fazach rozwojowych pszenicy

Kod wg Zadoksa	Faza rozwojowa	Zawartość azotu ogólnego w suchej masie (%)
24/29	krzewienie	3,7-6,0
30	początek strzelania w źdźbło	3,2-5,1
31	stadium pierwszego kolanka	2,8-4,9
32/36	stadium drugiego/szóstego kolanka	2,3-3,8
37/38	widoczny liść flagowy	2,0-3,8
39/41	wykształcony języczek liścia flagowego/ wydłużania pochwy liściowej	1,8-3,1
42/45	grubienie pochwy liściowej	1,6-2,8

Źródło: Bergman, 1992 (1)

Test NNI

Test NNI – indeks odżywienia azotem (*ang. Nitrogen Nutrition Index*) należy do bezpośrednich metod chemicznych, służących do określenia aktualnej zawartości azotu w danej fazie rozwojowej. Test ten wyliczany jest według poniższego wzoru (11):

$$NNI = N\ akt/N\ kryt$$

gdzie:
N akt – aktualna zawartość azotu w roślinie,
N kryt – krytyczna zawartość azotu w roślinie,
Krytyczna zawartość azotu to minimalna ilość pierwiastka, która jest w stanie zapewnić względny wzrost rośliny. Wyliczana jest ze wzoru:

$$N\ kryt = a\ (SM)^{-b}$$

gdzie:
N kryt – zawartość ogólnego azotu w suchej masie roślin optymalnie odżywionych azotem,
SM – plon suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$),
a i b – współczynniki równania

Analiza wyniku ilorazu pozwala ocenić aktualny stan zapotrzebowania roślin na azot. Wynik bliski jedności świadczy o optymalnym odżywieniu roślin tym pierwiastkiem a poniżej 1 wskazuje na nieodpowiednie zaopatrzenie w azot. Natomiast jeżeli wartość stosunku aktualnej do krytycznej zawartości azotu osiągnie wynik powyżej 1, stwierdza się luksusowe odżywienie roślin. Wartości testu NNI zwiększają się wraz ze wzrostem aplikowanych dawek nawozu (tab. 4). W przypadku luksusowego odżywienia można zrezygnować z dawki nawozu lub opóźnić jej aplikację natomiast w sytuacji nieodpowiedniego zaopatrzenia w N zalecane jest zastosowanie uzupełniającej dawki nawozu. Wykorzystanie testu NNI jest możliwe po pobraniu prób w sposób ilościowy w celu oszacowania plonu suchej masy. Istotne jest również wykonanie testu azotu ogólnego z próby oraz dysponowanie krzywą krytyczną (11).

Tabela 4

Wartości wskaźników NNI dla zbóż w zależności od dawek azotu

Dawka N ($kg \cdot ha^{-1}$)	Pszenica ozima		Pszenżyto ozime		Żyto		Pszenica jara	
	średnia	odch.st.	średnia	odch.st.	średnia	odch.st.	średnia	odch.st.
0	0,58	0,09	0,51	0,12	0,52	0,13	0,58	0,13
25	0,65	0,10	0,64	0,15	0,65	0,19	0,64	0,19
50	0,78	0,10	0,68	0,15	0,73	0,10	0,79	0,19
75	0,87	0,14	0,79	0,14	0,81	0,21	0,92	0,21
100	0,96	0,16	0,84	0,14	0,89	0,20	1,00	0,20
125	1,01	0,14	0,90	0,14	0,98	0,20	1,11	0,20

Źródło: Fotyma i Bezduszniak, 2000 (7)

DRIS

Zintegrowany System Diagnozy i Zaleceń – DRIS (ang. *Diagnosis and Recommendation Integrated System*) należy do metod destrukcyjnych i polega na analizie stosunku procentowej zawartości poszczególnych, głównych pierwiastków w suchej masie rośliny, w tym stosunek azotu do fosforu, potasu, magnezu i wapnia (tab. 5). Przed rozpoczęciem analizy należy wykonać kalibrację. Podczas tego procesu całą grupę danych dzieli się na grupę plonów dużych oraz małych. Podczas oceny statystycznej dokonywana jest weryfikacja zawartości składników pokarmowych i ich wzajemnych zależności. Miarą nadmiaru lub niedoboru pierwiastków w ocenianej roślinie względem obowiązującej normy są indeksy DRIS.

Tabela 5

Normy DRIS dla pszenicy i żyta

Parametry analizy roślin	Normy DRIS w fazie strzelania w źdźbło			
	pszenica ozima		żyto	
	średnia	wariancja	średnia	wariancja
n/p*	7,72	2,455	6,90	1,221
n/k	0,89	0,032	0,98	0,038
n/ca	7,73	2,966	8,23	2,744
n/mg	28,12	72,44	27,87	32,692

*jest to stosunek procentowy zawartości N w s.m. do procentowej zawartości P w s.m.
Źródło: Faber i in., 1988 (4), zmodyfikowane

Celem Zintegrowanego Systemu Diagnozy i Zaleceń jest porównanie wyników stosunków między składnikami pokarmowymi do określonych stosunków w populacji wysokich plonów, dzięki czemu możliwa jest weryfikacja niedoboru lub nadmiaru danych pierwiastków odpowiedzialnych za nieprawidłową równowagę żywieniową rośliny. Zgodnie z założeniem metody DRIS suma indeksów powinna wynosić 0. W przypadku otrzymania wyniku powyżej 15 zakłada się, że roślina nie jest odpowiednio odżywiona (23).

Metoda przedziałów krytycznych

Azot jest czynnikiem wpływającym na wielkość i jakość plonu. Pełni określone funkcje plonotwórcze w zależności od danej fazy rozwojowej, przyczyniając się do tworzenia podstaw struktury plonu i kształtowania jego elementów. Zakłada się, że u większości gatunków największe zapotrzebowanie na azot występuje na początku wegetacji i zmniejsza się wraz ze wzrostem roślin. U poszczególnych gatunków występują inne okresy krytyczne, w których rośliny wykazują największą wrażliwość na niedostateczną ilość azotu (tab. 6).

Do określenia zawartości tego pierwiastka w roślinie wykorzystuje się metodę przedziałów krytycznych, opartą na analizach chemicznych. Istotne znaczenie w tej metodzie ma zarówno badany organ jak i faza rozwojowa rośliny. Analiza pozwala oszacować zawartość pierwiastka, który wpływa na otrzymanie plonu lub wzrostu

rośliny na poziomie 95-100%. Przedział krytyczny danego gatunku wyznaczają dwa parametry: względnej szybkości wzrostu (RGR – *Relative Growth Rate*) oraz absolutnej szybkości wzrostu rośliny (ACGR – *Absolute Crop Growth Rate* lub GR – *Growth Rate*).

Tabela 6

Fazy krytyczne – okresy największej wrażliwości roślin uprawnych na odżywienie azotem

Roślina	Fazy krytyczne	Fazy w skali BBCH
Zboża	1) krzewienie 2) początek strzelania w źdźbło 3) koniec strzelania w źdźbło	25-29 31-32 37-51
Rzepak	1) pełnia budowy rozety/początek wzrostu wydłużeniowego 2) pąkowanie	30-31 50-51
Ziemniak	1) 20-30% zakrytych międzyrzędzi 2) początek tworzenia bulw	32-33 40-41
Burak cukrowy	1) 2-3 para liści 2) 60 dni od wschodów; początek lipca	14-15 41-43
Rośliny strączkowe, groch	1) początek wzrostu wydłużeniowego 2) początek kwitnienia	30-31 61-62

Źródło: Grzebisz, 2008 (10)

Podsumowanie

Nawożenie azotem należy do ważnych czynników plonotwórczych, ponieważ odpowiednia ilość tego składnika jest niezbędna do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin uprawnych. W trakcie wegetacji zapotrzebowanie roślin na ten pierwiastek jest zróżnicowane. Dlatego na podstawie oceny stanu odżywienia roślin azotem możliwe jest odpowiednie korygowanie i dostosowanie dawek tego składnika do potrzeb pokarmowych roślin w danej fazie rozwoju. Przedstawione w pracy metody pozwalają na proste i szybkie wykrycie pojawiających się niedoborów tego pierwiastka w warunkach polowej produkcji roślinnej. Na podstawie otrzymanych wyników, rolnicy mogą korygować dawki nawozu aby zapobiec spadkowi plonu, minimalizując przy tym jego straty do środowiska. Metody destrukcyjne i niedestrukcyjne wykorzystywane w ocenie odżywienia roślin azotem znajdują szerokie i praktyczne zastosowanie w rolnictwie, zwłaszcza zrównoważonym i precyzyjnym.

Literatura

1. Bergman W.: Nutritional Disorders of Plants – Development, Visual and Analytical Diagnosis, Fisher, Jenna, 1992.
2. Chlorofilomierz SPAD 502 Plus/502DL Plus. Miernik zawartości chlorofilu. https://geomor.com.pl/produkt/chlorofilomierz-spad-502-plus-502dl-plus/ (data dostępu: 30.04.2020 r.).
3. Czyżyk F.: Ocena zużycia nawozów mineralnych w gospodarstwach rolnych w aspekcie ochrony środowiska. Probl. Inż. Rol., 2011, **19(3)**: 69-76.
4. Faber A., Filipiak K., Kryszkowska T.: Zalecenia Nawozowe. Cz. III Kontrola stanu odżywienia roślin metodą DRIS. IUNG, Puławy, 1988, **P(37)**: 1-35.
5. Fageria N. K.: The use of nutrients in crop plants. CRC Press Taylor & Francis Group, USA, Boca Raton, 2009, ss. 430.

6. Fotyma E.: Przydatność glebowego testu Nmin w nawożeniu zbóż ozimych. Fragm. Agron., 1995, **3**: 59-78.
7. Fotyma E., Bezduszniak D.: Wykorzystanie testu NNI i testu SPAD do oceny stanu odżywienia zbóż azotem. Nawozy i Nawożenie, 2000, **4(5)**: 78-90.
8. Fotyma E., Fotyma M.: Kalibracja testu SPAD dla pszenicy ozimej. Nawozy i Nawożenie, 2002, **2(11)**: 14-32.
9. Fotyma E., Pecio A.: Zależność pomiędzy zawartością azotu a nagromadzeniem suchej masy przez zboża. Pam. Puł., 1999, **114**, 93-100.
10. Grzebisz W.: Nawożenie roślin uprawnych. Cz. 2. PWRiL Poznań, 2008, ss. 355.
11. Lemaire G., Gastal F.: N uptake and distribution in plant canopies. In: Diagnosis of the nitrogen status in crops. Lemaire G. (ed.) Springer Verlang, 1997: 3-45.
12. Marska E., Nowak W.: Jak rozpoznać objawy niedoboru pierwiastków mineralnych niezbędnych dla roślin, wyd. Danad, Szczecin, 2001: 8-11.
13. Murdock L., Jones S., Bowley Ch., Needham P., James J., Howe P.: Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat. University of Kentucky, Cooperative Extension Service, AGR 170, 1997.
14. Niedźwiecki J., Guillaume D., Pecio A.: Klasyczne i zaawansowane metody badania przestrzennego zróżnicowania żyzności gleb i łanu roślin. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2015, **42(16)**: 69-90.
15. Rosada J., Gaj R., Grzebisz W., Zachmann A., Korbas M.: Zboża – niedobór azotu. W: Atlas chorób pochodzenia nieorganicznego. W. Grzebisz, J. Rosada i R. Gaj (Red.), IOR-PIB w Poznaniu, 2011: 9.
16. Rouse J.W. Jr., Haas R. H.,Schell J. A., Deering D.W.: Monitoring the vernal advancement and retrograda- tion (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station, nr E73-106393, 93 (NTIS No. E73- 106393), 1973.
17. Samborski S., Rozbicki J.: Kalibracja chlorofilometru do oceny odżywienia zbóż azotem. Postępy Nauk Rol., 2004, **5**: 27-37.
18. Smytkiewicz K.: Praca magisterska. Ocena odżywienia azotem pszenicy ozimej uprawianej w systemie konwencjonalnym, integrowanym, ekologicznym oraz monokulturze, 2019, ss. 63.
19. Solomon E. P., Berg L. R., Martin D. W., Villee C. A.: Biologia. Oficyna Wydawnicza MULTICO, Warszawa, 1996, ss. 1302.
20. Starck Z.: Rola składników mineralnych w roślinie. W: Fizjologia roślin, J. Kopcewicz i S. Lewak (red.), Warszawa, 2002: 228-245.
21. Trawczyński C.: Ocena zawartości azotu mineralnego w glebie po zbiorze bulw ziemniaka. Biul. IHAR, 2013, **267**: 87-96.
22. Tucker C.J.: Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sens. Environ., 1979, **8**: 127-150.
23. Wach D.: Metody oceny stanu odżywienia roślin. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2015, **42(16)**: 53-68.

Adres do korespondencji:

mgr inż. Karolina Smytkiewicz
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 793
e-mail: ksmytkiewicz@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Janusz Podleśny	0000-0001-6757-8331
Karolina Smytkiewicz	0000-0001-8032-4969

S T U D I A I R A P O R T Y IUNG-PIB

ZESZYT 61(15): 101-111 **2020**

Jerzy Grabiński, Marta Wyzińska

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa- Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

WYKORZYSTANIE SUPERABSORBENTÓW W ROLNICTWIE*

Słowa kluczowe: superabsorbenty, wilgotność gleby, dawki superabsorbentów, plonowanie roślin uprawnych, jakość plonu.

Wstęp

Niedobór wody słodkiej jest głównym globalnym problemem środowiskowym XXI wieku (17), a jednym z najważniejszych jej konsumentów jest produkcja roślinna (13). W Europie do obszarów o szczególnie dużym niedoborze opadów należą na ogół kraje w południowej części kontynentu, takie jak Włochy, Hiszpania, czy Portugalia. Ostatnie dekady (zwłaszcza dwa ostatnie lata) wskazują na to, że susze stają się również problemem krajów innych części Europy, w tym także Europy Środkowej. Dlatego prowadzone są liczne badania naukowe (także w naszym kraju) nad możliwościami ograniczania skutków niekorzystnych zmian pogodowych związanych z niedoborem opadów. Sporo miejsca w badaniach zajmują w związku z tym elementy agrotechniki związane z bezorkową uprawą gleby. Ograniczona intensywność uprawy roli zmniejsza straty materii organicznej, która po przekształceniu w próchnicę odgrywa istotna rolę w kształtowaniu pojemności wodnej gleby. Wyniki badań prowadzonych w różnych ośrodkach naukowych w ostatnich dwóch dziesięcioleciach wskazują, że pewną rolę w polepszeniu wykorzystania wody mogą odegrać także superabsorbenty (zwane dalej w pracy także SAP od ang. *superabsorbent polymer*), których najważniejszym walorem jest posiadanie bardzo dużych możliwości wchłaniania wody.

Synteza pierwszego polimeru absorbującego wodę miała miejsce tuż przed II wojną światową (1938 rok). Odkrycie to przypisuje się Kernowi, który spolimeryzował diwinylobenzen w środowisku wodnym (4). Pod koniec lat 50. XX wieku pojawiła się pierwsza generacja hydrożeli oparta głównie na metakrylanie hydroksyalkilu o zdolności pęcznienia do 40-50%, wykorzystanych do opracowania metody produkcji

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

soczewek kontaktowych, które wprowadziły rewolucyjne zmiany w okulistyce (3).

Pierwszy komercyjny SAP został wyprodukowany w latach 70. XX wieku w Stanach Zjednoczonych. Wysokie koszty i niedostateczna zdolność sorbowania sprawiły jednak, że produkt o nazwie HSPAN nie osiągnął sukcesu na rynku (2).

W 1978 roku w Japonii użyto SAP do produkcji higienicznych chusteczek dla kobiet. Natomiast wykorzystywanie SAP do produkcji pieluch rozpoczęto w 1980 roku we Francji i Niemczech, a następnie szerokie wykorzystanie tych produktów odnotowano w USA i innych państwach Europy, a także krajach azjatyckich. Pod koniec 1990 r. światowa produkcja SAP przekroczyła już 1 milion ton (2).

Celem pracy jest charakterystyka superabsorbentów i określenie możliwości ich stosowania w produkcji rolniczej.

Rodzaje superabsorbentów

Zasadniczo SAP dzieli się na dwie grupy związane z ich pochodzeniem – naturalne i syntetyczne. Do pierwszej grupy zalicza się polisacharydy (np. celuloza, skrobia, alginiany czy agaroza) oraz polipeptydy (np. żelatyna, czy kolagen). Syntetyczne SAP opierają się na produktach petrochemicznych (kwas poliakrylowy, kwas metakrylowy, octan winylu, glikol). Charakteryzują się wyższą hydrofobowością i wytrzymałością mechaniczną oraz trwałością niż naturalne. Podstawą do podziału superabsorbentów może być także obecność lub brak ładunku elektrycznego w tworzącej go sieci (jonowe, niejonowe, amfoteryczne, dwubiegunowe). Większość obecnych na rynku SAP ma charakter anionowy. Można również dzielić polimery w zależności od stopnia zróżnicowania ich składu. W takim przypadku wyróżniamy: homopolimery (sieć składająca się z jednego rodzaju polimeru), kopolimery (z dwu lub więcej rodzajów polimerów), wielopolimery (dwa niezależnie usieciowane, syntetyczne i/lub naturalne polimery). Jeszcze inny podział SAP związany jest z ich strukturą fizyczną, i wtedy wyróżniamy superabsorbenty bezpostaciowe, półkrystaliczne i krystaliczne); (2).

Zasadniczo wyróżnia się trzy sposoby wytwarzania superabsorbentów: masową polimeryzację i odwróconą polimeryzację suspensyjną.

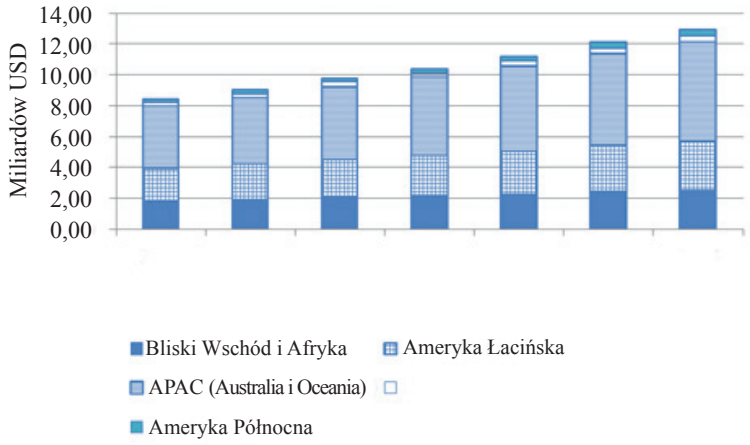
Właściwości superabsorbentów

Podstawową cechą superabsorbentów jest wysoka chłonność wody, której nie traci nawet przy wielokrotnym wchłanianiu i wysychaniu. Jeden gram SAP może absorbować nawet 1000 g wody, choć zwykle ilość ta nie jest większa niż 600 g $H_2O \cdot g^{-1}$ superabsorbenta. Możliwe do nabycia na rynku superabsorbenty różnią się wielkością cząstek, co nie jest bez wpływu na ich walory związane z wchłanianiem wody. Dąbrowska i Lejcuś (6) stwierdzili, że najlepiej chłoną wodę superabsorbenty o średnim uziarnieniu, bo w drobnym SAP część cząstek bierze udział w absorpcji wody tylko w ograniczonym stopniu. Warunki termiczne mają znaczenie w zakresie

ilości wchłanianej wody, ale dotyczy to tylko początkowego okresu. Ponadto wymienieni autorzy potwierdzili, że obecność jonów w roztworze zmniejsza zdolności sorpcyjne SAP. Poza tym superabsorbenty są bezbarwne, bezwonne i nietoksyczne, oraz biodegradowalne. Dotychczasowe badania wskazują, że nie ma podstaw do tego, by zaliczyć superabsorbenty do grupy substancji szkodliwych dla człowieka i środowiska. Wprawdzie substancje wykorzystywane do ich produkcji mogą być toksyczne, ale te wyjściowe toksyczne monomery są przekształcane chemicznie w całkowicie nietoksyczne produkty poprzez reakcję polimeryzacji (21). Tradycyjne SAP są zatem neutralne i obojętne, oraz biodegradowalne mikrobiologicznie, a ich ostatecznym produktem rozkładu jest dwutlenek węgla, woda i materia organiczna. LD50 przyjmuje się dla SAP na poziomie 5000 $mg \cdot kg^{-1}$.

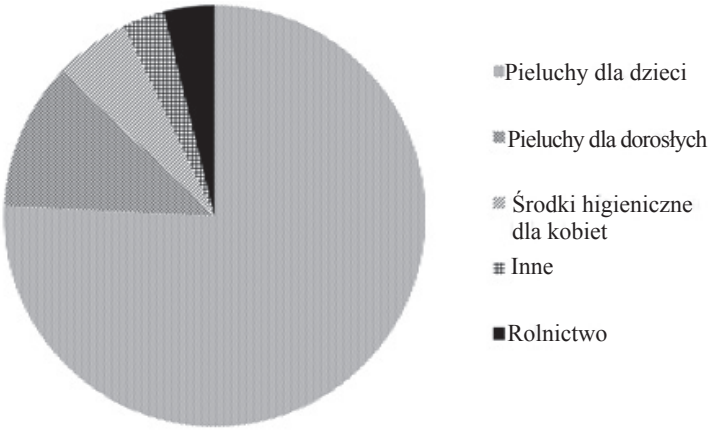
Rynek światowy SAP

Prognozy wykonywane przez różne agencje wskazują, że rynek superabsorbujących polimerów będzie w najbliższych latach rozwijał się i w połowie następnej dekady powinien wolumen ich produkcji zbliżyć się do 13 mld USD (19); (rys. 1). Skumulowany roczny *wskaźnik* wzrostu produkcji SAP (ang. *Compound Annual Growth Rate* – CAGR) wyniesie według tej prognozy 7,4%. Kluczowymi producentami SAP pozostają niezmiennie BASF SE, Formosa Plastics Corporation, LG Chemicals Ltd., SDP Global Co., Ltd, Songwon Industrial Co., Ltd., Evonik Industries AG, KAO Corporation, Nippon Shokubai Co., Ltd., Sumitomo Seika Chemicals Co. Sp. z o.o. (18).



Rys. 1. Wielkość światowego rynku SAP (2018-2024)

Źródło: www.marketsandmarkets.com (19)



Rys. 2. Światowy rynek SAP w 2018 roku w procentach

Źródło: Stahl i in., 2000 (18)

Zasadnicza większość SAP wykorzystywana jest do produkcji pieluch dla dzieci i środków higienicznych dla dorosłych i kobiet, natomiast wykorzystanie SAP w rolnictwie jest relatywnie niewielkie (18); (rys. 2). Jednak publikowane prognozy wskazują, że w najbliższych latach zainteresowanie wykorzystaniem SAP w tym zakresie będzie także zwiększało się. W szczególności zwiększone zainteresowanie SAP w produkcji rolniczej dotyczy regionów, gdzie występują bardzo duże okresowe niedobory wody.

Superabsorbenty jako czynnik wiążący wodę w glebie

Aby osiągnąć odpowiednio wysoki i dobrej jakości plon producent musi zapewnić roślinom właściwe warunki do wzrostu i rozwoju w ciągu całego okresu wegetacji, w tym w szczególności w zakresie uwilgotnienia gleby. Niedostateczna ilość wody w glebie, zwłaszcza w okresach krytycznych, prowadzi nieuchronnie do strat w plonie i jego jakości. Dlatego też szczególnego znaczenia w technologii produkcji nabierają te zabiegi, które w największym stopniu decydują o pojemności wodnej gleby, oraz zmniejszeniu strat wody poprzez spływy powierzchniowe. Literatura na temat wpływu stosowania SAP na zdolność gleby do magazynowania wody jest stosunkowo bogata. Modelowe badania określające rolę superabsorbenta w ograniczaniu wysychania gleby przeprowadził m.in. Yu i in. (26). Wynika z nich, że dodawanie superabsorbenta do gleby istotnie ogranicza straty wody, niezależnie od rodzaju zastosowanego superabsorbenta. Należy przy tym zaznaczyć, że różnice między rodzajami zastosowanych superabsorbentów w zakresie ograniczania strat wody były stosunkowo duże (tab. 1).

Tabela 1

Zdolność do utrzymania wody w różnych glebach poddanych suszeniu, w zależności od ilości i rodzaju superabsorbenta (piasek gliniasty)

Czas suszenia (h)	Rodzaj SAP	Dawka SAP (w %)			
		0,1	0,5	1	2
0	WOTE	44,07Bdt*	68,5Cc	91,57Bb	132,2Ba
	GNKH	47,28Ad	73,06BCc	94,90Bb	141,28Ba
	BJ-2101S	45,44Bd	79,72Ac	109,99Ab	157,41Aa
	BJ-2010-M	43,57Bd	64,17Cc	78,69Cb	109,01Da
5	WOTE	5,9Dd	32,97Ec	48,56Fb	73,36Fa
	GNKH	10,11Cd	33,53Ec	57,52Eb	96,26Ea
	BJ-2101S	9,38Cd	42,64Dc	70,81Db	115,13Ca
	BJ-2010-M	10,74Cd	34,04Ec	51,05EFb	78,44Fa
10	WOTE	0,01Cd	6,44Gc	20,41b	46,17Ha
	GNKH	0,04EFd	12,75Fc	32,69Hb	65,31Fa
	BJ-2101S	0,38Ed	16,08Fc	42,42Gb	85,33Ea
	BJ-2101-M	0,06Efd	14,31Fc	32,65Hb	55,72Ca

* dane oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie (P = 0,05). Dla każdego czasu suszenia wielkie litery określają istotność różnic w kolumnie między rodzajami SAP, a małe litery istotność różnic w wierszach w zależności od ilości zastosowanego SAP. Oznaczenia SAP: WOTE (SAP potasowy -15% akryl+ 85 akrylamid), GNKH (SAP sodowy – 60% akryl+ 40% akrylamid), BJ-2101M (SAP sodowy - 15% akryl + 85% akrylamid), BJ-2101M (SAP sodowy - 15% akryl + 85% akrylamid)

Źródło: Yu i in., 2017 (26)

W tych samych badaniach Yu i in. (26) wykazali również, że efektywność superabsorbentu w ograniczaniu strat wody zależy od rodzaju gleby (tab. 2). Wyniki jakie uzyskali nie są jednoznaczne, ale można z nich wnioskować, że zwłaszcza w przypadku gleb lżejszych rola superabsorbenta w podwyższaniu retencji wodnej może być bardzo duża (tab. 2).

Tabela 2

Retencja wody $g \cdot g^{-1}$ przez hydrożel potasowy WOTE w zależności od dawki

Czas suszenia (h)	Rodzaj gleby	Dawka SAP (w %)			
		0,1	0,5	1	2
0	piasek gliniasty	44,2Cb*	57,94Ba	53,68Aab	48,5Aab
	glina ilasta	46,57Ca	39,76Ba	37,93Ca	38,42Ba
5	piasek gliniasty	53,37Ba	64,74Aa	49,36ABa	38,05Bb
	glina ilasta	119,97Aa	46,94Bb	42,7Bb	34,92Bb
10	piasek gliniasty	0,33Dc	14,05Cb	22,23Da	24,85Ca
	glina ilasta	54,6Ba	24,33Cb	25,09Db	22,07Cb

* dane oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie (P = 0,05). Dla każdego czasu suszenia wielkie litery określają istotność różnic w kolumnie między rodzajami SAP, a małe litery istotność różnic w wierszach w zależności od ilości zastosowanego SAP

Źródło: Yu i in., 2017 (26)

Abrisham i in. (1) prowadzili badania nad możliwością wykorzystania SAP w działaniach rekultywacyjnych. Wykazano w nich, że zastosowanie SAP w ilości 3 $g\ dm^{-3}$ zwiększało ilość dostępnej wody nawet o 68,5%. Li i in. (11) stosowali dwa rodzaje hydrożelu w dawce 200 $kg \cdot ha^{-1}$, aby określić ich wpływ na wzrost, rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Wykazali, że w obiektach z SAP znacznie zwiększa

się zawartość wody w glebie (SWC) i maksymalna wilgotność higroskopijna gleby (SMHM) w stosunku do kontroli, w czasie rozwoju kłosa i wypełniania ziarna pszenicy, nie stwierdzono jednak wpływu SAP na ilość dostępnej wody w glebie (AWC). W fazie nalewania ziarna. Fallahi i in. (8) badali możliwość wykorzystania SAP w warunkach stresu suszy w uprawie bawełny. Zastosowane superabsorbenty w dawce 60 kg ha^{-1} poprawiały efektywność zużycia wody (WUE) o 14%. Liao i in. (12) przeprowadzili doświadczenie wazonowe z zastosowaniem SAP w dawkach 0,01, 0,03 i 0,06%, wykazując duży wpływ SAP na dyfuzję wody w glebie. W badaniach tych zmniejszenie dyfuzji w początkowym okresie 0-10 dni od zastosowania SAP mieściło się w zakresie od 30,6 do 76,6%, a poprawa retencji wodnej wynosiła od 2,7 do 26,5%.

Wpływ SAP na właściwości fizyczne i aktywność mikrobiologiczną gleby

Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że SAP mogą wywierać pewien wpływ na właściwości fizyczne i chemiczne gleby oraz na jej aktywność mikrobiologiczną. Na przykład Li i in. (10) stwierdzili, że hydrożel w dawce 200 kg·ha^{-1} wpływa dodatnio na tworzenie dużych agregatów glebowych (wielkość cząstek > 0,25 mm) oraz nie prowadzi do niekorzystnego wpływu na społeczność drobnoustrojów glebowych, a nawet zwiększa ich aktywność. W badaniach Abrisham i in. (1) również potwierdzono wpływ pozytywny SAP na właściwości fizyczne gleby, a w szczególności na zmniejszenie masy objętościowej o 25,5% i wskaźnika infiltracji o 21,5%. Superabsorbent wpływał również na chemiczne właściwości gleby – najwyższa dawka SAP (3 g·dm^{-3}) zwiększała zdolność wymiany kationów glebowych w porównaniu z kontrolą nawet o 31%.

Li i in. (2019) zauważyli, że SAP może odegrać istotnie pozytywną rolę w zwiększaniu efektywnego oddziaływania pożytecznych bakterii (*Paenibacillus beijingensis i Bacillus* sp.) na rośliny pszenicy i ogórka. W innych badaniach (12) zastosowanie SAP znacznie zmniejszyło przepuszczalność hydrauliczną gleby. W okresie od 0 do 50 dni od zastosowania SAP średnie spadki nienasyconej przepuszczalności wyniosły od 65,6 do 94,1%.

Wpływ superabsorbentów na plonowanie roślin uprawnych

Wiele badań dokumentuje pozytywny wpływ SAP na plonowanie roślin uprawnych, przy czym wielkość stosowanych dawek i zwyżek plonu jest bardzo zmienna, co sugeruje, że o roli superabsorbenta w ograniczaniu strat plonu decyduje wiele różnych czynników. Robiul i in. (15) przeprowadzili badania polowe z pszenicą ozimą (*Triticum aestivum* L .) w warunkach suszy w sezonie wegetacyjnym 2009-2010, ze stosowaniem różnych poziomów SAP (mała dawka – 10 kg/ha, średnia – 20 kg·ha^{-1}; duża 30 kg·ha^{-1} i bardzo duża - 40 kg·ha^{-1}). W przypadku małej i średniej dawki wzrost plonu ziarna badanego gatunku był statystycznie nieistotny, ale po zastosowaniu dużej

i bardzo dużej dawki ten wzrost wynosił odpowiednio 30,8 i 30,0%. Zwyżka plonu wynikała z pozytywnego wpływu hydrożelu na parametry wzrostu roślin i strukturę plonu (tab. 3). Należy dodać, że również pozytywny wpływ SAP na rośliny pszenicy znalazł swoje odzwierciedlenie w cechach jakości (zawartość białka, cukru i skrobi); (tab. 4). Uzyskane wyniki pozwoliły autorom na określenie dawki SAP wynoszącej 30 kg·ha^{-1} jako optymalnej do zastosowania w produkcji. Wyższa dawka (40 kg·ha^{-1}) aczkolwiek bardziej zwiększająca plony, to jednak ze względów ekonomicznych nie została wskazana jako odpowiednia.

Tabela 3

Cechy roślin w łanie i struktury plonu pszenicy w zależności od dawki superabsorbentu

Dawka SAP w kg·ha^{-1}	Wysokość roślin w cm	Rozkrzewienie	Odsetek pędów produkcyjnych (%)	Liczba kłosów na 1 m^2	Liczba ziaren w kłosie	Masa 1000 ziaren
0	65,5b	4,92d	77,8c	1290b	90,6c	48,9c
10	64,7b	4,98d	81,1bc	1400ab	98,7bc	50,3c
20	67,7a	5,41cd	85,6ab	1404ab	104,1ab	54,0bc
30	72,3a	6,23b	90,2a	1526a	110,9a	58,9ab
40	72,1a	6,90a	90,3a	1553a	114,6a	62,8a
Średnia	68,5	5,69	85,0	1434	103,8	54,9
NIR (0,05)	5,31	0,66	6,32	194,5	12,1	6,12

Źródło: Robiul Islam i in., 2011 (15)

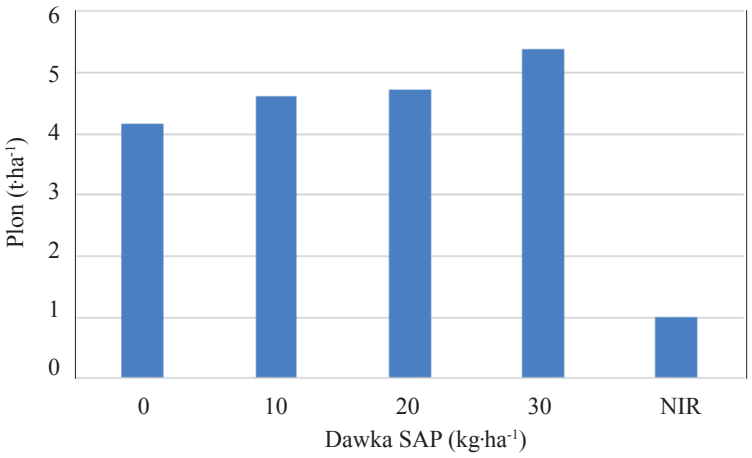
Tabela 4

Wybrane cechy jakości ziarna pszenicy w zależności od dawki superabsorbentu

Dawka SAP w kg/ha	Białko surowe (%)	Rozpuszczalne węglowodany (%)	Skrobia (%)
0	14,9±0,83	4,08±0,13	48,1±3,78
10	15,1±0,48	4,03±0,20	47,2±2,59
20	17,2±0,49	4,62±0,21	51,1±2,44
30	17,9±0,38	4,97±0,26	55,7±1,75
40	18,2±0,44	4,98±0,28	53,9±2,22
Średnia	16,6	4,54	51,2
NIR (0,05)	1,74	0,70	8,35

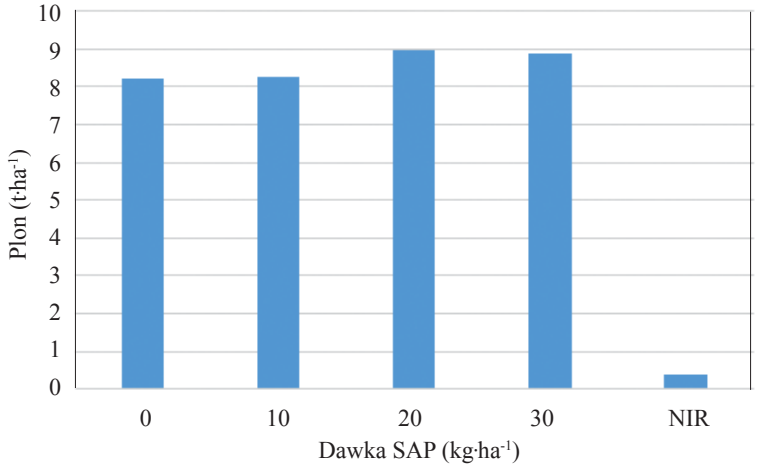
Źródło: Robiul Islam i in., 2011 (15)

Autorzy niniejszego opracowania (9 i 24) w doświadczeniach polowych z pszenicą ozimą i jarą, w których stosowali dawki od 0 do 30 kg superabsorbentu (hydrożelu potasowego), za optymalną uznali ilość 30 SAP kg·ha^{-1}. Przy czym największe przyrosty plonu wskutek zastosowania superabsorbentu uzyskiwano w przypadku obu wymienionych gatunków w warunkach bardzo dużych niedoborów opadów, jakie miały miejsce w centralnej Polsce (Rolniczy Zakład Doświadczalny Błonie –Topola) w 2016 roku (rys. 3). W tym samym roku w Polsce środkowo-wschodniej (RZD Osiny) stres suszy w przypadku zbóż praktycznie nie występował i wówczas rola superabsorbentu w kształtowaniu plonu była zdecydowanie mniejsza (rys. 4).



Rys. 3. Plon ziarna pszenicy jarej (t·ha^{-1}) w zależności od zastosowanej dawki hydrożelu w roku 2016 w miejscowości Błonie-Topola

Źródło: Grabiński i Wyzińska, 2018 (9)



Rys. 4. Plon ziarna pszenicy ozimej (t·ha^{-1}) w zależności od zastosowanej dawki hydrożelu w roku 2016 w miejscowości Osiny

Źródło: Wyzińska i Grabiński, 2018 (24)

Również Shahrajabian i in. (16) określili jako właściwą dawkę SAP na poziomie 30 kg ha^{-1}, a rośliną uprawną była w tych badaniach kukurydza, której plon był wyższy po zastosowaniu superabsorbentu o 3,4-10%. Natomiast Fallahi i in. (8) badali możliwość wykorzystania superabsorbentów w warunkach stresu suszy w uprawie bawełny, przy czym stosując 0, 30, 60 i 90 kg SAP na 1 ha ustalili, że dawka 60 kg ha $^{-1}$, była wystarczająca do ograniczenia umiarkowanego stresu suszy,

związanego z 15 dniowymi interwałami w nawadnianiu i wpływała pozytywnie zwiększając: wysokość i suchą masę rośliny, liczbę torebek na roślinie oraz wydajność włókna odpowiednio o: 16, 28, 42 i 10% w stosunku do kontroli.

Moslemi i in. (14) przeprowadzili badania związane ze stosowaniem SAP na glinie ilastej, stosując superabsorbent zarówno w formie sypkiej, jak i w formie żelu w rzędach, na głębokość 15 cm (dawka w przeliczeniu na 1ha wynosiła 110 kg). Ponadto w badaniach tych stosowano szczepionki bakteryjne. Badania przeprowadzono w uprawie kukurydzy w warunkach stresu suszy i bez stresu. Zastosowanie SAP w warunkach stresu suszy wpłynęło pozytywnie na plon ziarna, który zwiększył się po zastosowaniu SAP w formie sypkiej w stosunku do kontroli o 27%, co wynikało z wyższej masy 1000 ziaren i większej ich liczby w kolbie. Warto zaznaczyć, że w warunkach bezstresowych również zaobserwowano wzrost plonu po zastosowaniu hydrożelu. Znacznie większe dawki superabsorbentu stosowali Yazdani i in. (25) w uprawie soi (od 75 do 275 kg·ha^{-1}). Najniższa dawka SAP zwiększała średnio (niezależnie od sposobu stosowanego nawodnienia) plon soi o 11, a najwyższa ponad 30% (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ różnych dawek SAP i długości okresów między kolejnymi podlewaniami roślin na plonowanie soi

Długość okresu między kolejnymi podlewaniem (dni)	Dawka SAP w kg·ha^{-1}				
	0	75	150	275	Średnia
6	4533±177	4872±347	4982±69	6417±468	5201
8	4033±194	4542±239	4778±289	5079±112	4608
10	3950±150	4424±276	4482±234	4990±154	4461
Średnia	4172±182	4613±134	4748±145	5495±461	

Źródło: Yazdani i in., 2007 (25)

Podsumowanie

Produkcja SAP na świecie ciągle rośnie, a główne wykorzystanie tych substancji związane jest z higieną ludzi. Wykorzystanie SAP w innych gałęziach gospodarki jest zdecydowanie mniejsze, ale także zwiększa się. W szczególności pojawiają się tendencje do wzrostu wykorzystania SAP w rolnictwie krajów mających największe problemy z niedoborem opadów. Ostatnie lata wskazują, że tego rodzaju problemy występują w coraz większym nasileniu także w naszym kraju, co potwierdza przebieg pogody w obecnym sezonie wegetacyjnym 2019-2020, w którym po zupełnie bezśnieżnej zimie, miały miejsce trwające nawet ponad 1,5 miesięczne okresy bez opadów.

Długie okresy bez deszczu zwłaszcza na glebie lżejszej są zawsze powodem bardzo dużych obniżek wielkości i jakości plonu. Dlatego dążenie do zwiększenia możliwości magazynowania wody na takich glebach jest bardzo ważnym wyzwaniem.

Na razie trudno jednoznacznie stwierdzić, czy superabsorbenty znajdą większe zastosowanie w rozwiązaniu problemów z niedoborami opadów w naszym kraju.

Wyniki badań polowych zamieszczone w tym opracowaniu wskazują, że taka możliwość istnieje. Jeżeli zatem w związku ze zmianami klimatycznymi niedobory opadów będą coraz większe, a ceny SAP ulegną obniżeniu, to rolnictwo może w większym stopniu zacząć wykorzystywać tego typu substancje. Trzeba jednak podkreślić, że brakuje badań związanych ze stosowaniem SAP w odniesieniu do poszczególnych gatunków roślin uprawnych. Dlatego też zasadne jest podejmowanie badań zmierzających do wyjaśnienia zagadnień dotyczących ilości wody wiązanej w różnych warunkach glebowych, wielkości dawek, techniki stosowania SAP, czy też problemów ekologicznych i ekonomicznych, związanych z rozkładem SAP w glebie i opłacalnością ich stosowania w rolnictwie.

Literatura

1. Abrisham E.S., Jafari M., Tavili A., Rabii A., Chahoki M.A.Z., Zare S., Egan T., Yazdanshenas H., Ghasemian D., Tahmoures M.: Effects of a super absorbent polymer on soil properties and plant growth for use in land reclamation, Arid Land Research and Management, 2018, **32**: 407-420.
2. Behera S., Mahanwar P.A.: Superabsorbent polymers in agriculture and other applications: a review. Polymer-Plastics Technology and Materials, 2019. https://doi.org/10.1080/25740881.2019.1647239
3. Brannon-Peppas L., Harland R. S.: Absorbent Polymer Technology, Elsevier, Amsterdam, 1990: 1-4.
4. Buchholz F. L., Graham A. T.: Modern Superabsorbent Polymer Technology, Wiley-VCH, New York, 1998, 1-7.
5. Buchholz F. L., Peppas NA.: Superabsorbent Polymers Science and Technology, ACS Symposium Series, 573, American Chemical society, Washington, 1994, 2- 9.
6. Dąbrowska J., Lejcuś K.: Charakterystyka wybranych właściwości superabsorbentów. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2012, **3/IV**: 59-68.
7. Dayal U., Mehta S.K., Choudhari M. S., Jain R.: Synthesis of acrylic superabsorbents, J. Macromol Sci., 1999, **C39**: 507-525.
8. Fallahi H. R., Taherpour Kalantari R., Aghhavani-Shajari M., Soltanzadeh M.G .: Effect of Super Absorbent Polymer and Irrigation Deficit on Water Use Efficiency, Growth and Yield of Cotton, 2015, www.notulaebiologicae.ro (data dostępu 09.02.2020 r.)
9. Grabiński J., Wyzińska M.: The effect of super-absorbent polymer application on yielding of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Conference "Research for Rural Development 2018", vol. 2, Agricultural Sciences (Crop Science, Animal Science), 2018: 55-61. DOI: 10.22616/rrd.24.2018.051
10. Li X., He J.Z., Hughes J. M., Liu Y. R., Zheng Y. M .: Effects of super-absorbent polymers on a soil–wheat (*Triticum aestivum* L.) system in the field. Applied Soil Ecology, 2014, **73**: 58-63.
11. Li Y., , Shi H., Zhang H., Chen S .: Amelioration of drought effects in wheat and cucumber by the combined application of super absorbent polymer and potential biofertilizer, 2019, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6330032/ (data dostępu 20.04.2020 r.).
12. Liao R., Wu W., Ren S.,Yan P.: Effects of Superabsorbent Polymers on the Hydraulic Parameters and Water Retention Properties of Soil, J. Nanomaterials, https://www.hindawi.com/journals/jnm/2016/5403976/ (data dostępu 11.03.2020 r.).
13. Morison J. I. L., Baker, N. R., Mullineaux P. M., Davies W. J.: Improving water use incrop production. Philos. Trans. Biol. Sci., 2008, **363**: 639-658.
14. Moslemi Z., Habibi D., Asgharzadeh A., Ardakani M. R., MohammadiA., Sakari A.: Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. African J. Agric. Res., 2011, **6(19)**: 4471-4476.
15. Robiul Islam M., Hu Y., Chen F., Xin Q., Egrinya Eneji A., Xuzhang Xue.: Application of superabsorbent polymer: A new approach for wheat (*Triticum aestivum* L.) production in drought-affected areas of northern China. J. Food, Agric. Env., 2011, **9(1)**: 304-309.

16. Shahrajabian M.H., Sun W., Cheng Q., Khoshkharam M.: The impact of soil amendment of superabsorbent polymer on grain yield and yield components of corn in center of Iran, Cercetări Agronomice în Moldova, 2019, LII , **2(178)** : 151-157.
17. Srinivasan V., Lambin E.F., Gorelick S.M., Thompson B.H., Rozelle S.: The nature and causes of the global water crisis: syndromes from a meta analysis of coupled human water studies. Water Resour. Res., 2012, **48(10)**: 1-16. DOI: 10.1029/2011wr011087.
18. Stahl J. D., Cameron M. D., Haselbach J., Aust S. D.: Biodegradation of superabsorbent polymers in soil, Environ. Sci. Pollut. Res., 2000, **7**: 83-88.
19. Super Absorbent Polymer (SAP) Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Female Hygiene Products, Baby Diapers, Agriculture, Adult Incontinence Products), By Region, And Segment Forecasts, 2019-2025. https://www.grandviewresearch.com (data dostępu 11.03.2020 r.).
20. Super Absorbent Polymers (SAP) Market by Type (Sodium Polyacrylate, Polyacrylate/ Polyacrylamide, Copolymers), Application (Personal Hygiene, Agriculture, Medical, Industrial, Packaging, Construction, Oil & Gas), Region – Global Forecast to 2024. https://www.marketsandmarkets.com (data dostępu 05.03.2020 r.).
21. Thombare N., Mishra S., Siddiqui, M. Z., Jha U., Singh D., Mahajan G. R.: Design and Development of Guar Gum Based Novel, Superabsorbent and Moisture Retaining Hydrogels for Agricultural Applications. Carbohydr. Polym., 2018, **185**: 169-178.
22. Tohidi-Moghadam H. R., Shirani-Rad A. H., Nour-Mohammadi G., Habibi D., Modarres-Sanavy S.A.M., Mashhadi-Akbar-Boojar M., Dolatabadian A.: Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, 2009, **39(3)**: 243-250.
23. Tohidi-Moghadam H.R., Zahedi Ghooshchi F.: Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application1n, Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, 2011, **41(4)**: 579-586.
24. Wyzińska M., Grabiński J. : The influence of autumn sowing date on the productivity of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Conference "Research for Rural Development 2018", vol. 2, Agricultural Sciences (Crop Science, Animal Science), 2018: 35-41. DOI: 10.22616/rrd.24.2018.051
25. Yazdani F., Allahdadi I., Akbari G. A.: Impact of Superabsorbent Polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean (*Glycine max* L.) Under Drought Stress Condition. Pakistan J. Biol. Sci., 2007, **10(23)**: 4190-4196.
26. Yu J., Shi J. G., Ma X., Dang P. F., Yan Y. L., Mamedov A. I., Shainberg I., Levy G. G .: Superabsorbent Polymer Properties and Concentration Effects on Water Retention under Drying Conditions, Soil Sci. Society of America J., 2017, **81(4)**: 889-901.
27. Zhao W., Cao T., Dou P., Sheng J., Luo M.: Effect of various concentrations of superabsorbent polymers on soil particle-size distribution and evaporation with sand mulching; https://www.readcube.com/articles/10.1038%2Fs41598-019-39412-x ((data dostępu 07.03.2020 r.).
28. Zohuriaan-Mehr M.J.: Super-Absorbents (in Persian), Iran Polymer Society, Teheran, 2006: 2-4.

Adres do korespondencji:

dr hab. Jerzy Grabiński, prof. IUNG-PIB
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
Tel. 81 4786 811
e-mail: jurek@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Jerzy Grabiński	0000-0003-0427-9398
Marta Wyzińska	0000-0002-2763-7955

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.

44(18). *Wybrane zagadnienia produkcji roślinnej w Polsce.* Puławy, 2015.

45(19). *Kształtowanie żyzności gleby*. Puławy, 2015.

46(20). *Wybrane zagadnienia związane z ochroną gleb przed degradacją*. Puławy, 2015.

47(1). *Problemy produkcji rolniczej w Polsce w kontekście ich oddziaływania na środowisko.* Puławy, 2016.

48(2). *Innowacje w nawożeniu.* Puławy, 2016.

49(3). *Siedliskowe i agrotechniczne uwarunkowania produkcji roślinnej w Polsce*. Puławy, 2016.

50(4). *Technologie produkcji roślinnej w warunkach zmieniającego sie klimatu*. Puławy, 2016.

51(5). *Krajowe bazy danych o glebach*. Puławy, 2017.

52(6). *Redukcja emisji gazów cieplarnianych i amoniaku oraz metody adaptacji do zmian klimatu (wybrane zagadnienia)*. Puławy, 2017.

53(7). *Nawożenie a środowisko*. Puławy, 2017.

54(8). *Jakość gleb użytkowanych rolniczo i wskaźniki jej oceny.* Puławy, 2017.

55(9). *Uwarunkowania i kierunki zmian produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2018.

56(10). *Aktulne problemy nawożenia*. Puławy, 2018.

57(11). *Technologie produkcji roślinnej w warunkach zmieniającego się klimatu*. Puławy, 2018.

58(12). *Stan zagrożeń dla jakości gleb w Polsce.* Puławy, 2018.

59(13). *Środowiskowe aspekty gospodarki nawozowej.* Puławy, 2019.

60(14). *Znaczenie postępu biologicznego i technologicznego w produkcji zbóż i roślin strączkowych*. Puławy, 2019.

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,
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: słowa kluczowe, wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie lub wnioski, literatura, dane kontaktowe, nr ORCID

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/fotografie
- czarno-białe/kolorowe (możliwie duża rozdzielczość)
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 13 cm × 19 cm
- w podpisach czcionka 9 p.
- na nośniku lub w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

jednostki miary
- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. $t \cdot ha^{-1}$)

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 Ewa Decka-Cywińska
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: edecka@iung.pulawy.pl