

Jan Kuś

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

## ZNACZENIE PŁODOZMIANU WE WSPÓŁCZESNYM ROLNICTWIE\*

**Słowa kluczowe:** płodozmian, przedplon, struktura zasiewów, systemy gospodarowania w rolnictwie, glebowa materia organiczna, międzyplony

### Wstęp

W warunkach naturalnych każda pokrywa roślinna powierzchni gleby posiada różnorodny skład gatunkowy. W rolnictwie, gdzie dominują zasiewy jednogatunkowe, tę różnorodność przynajmniej częściowo próbuje się zastąpić płodozmianem, w którym w kolejnych latach na danym polu uprawia się różne gatunki roślin. Pierwotnie rolnik użytkował grunty po wypalonym lesie (**gospodarka żarowa**). Po kilku latach uprawy zbóż (żyto, pszenica, owies lub proso) następował spadek plonów, w następstwie wyczerpania składników nawozowych z gleby i wzrostu zachwaszczenia. Wówczas porzucano dotychczas użytkowane pole i poszukiwano nowych terenów do zagospodarowania (nowin). W miarę wzrostu gęstości zaludnienia oraz braku terenów „dziewiczych” o lepszych glebach, człowiek został zmuszony do osiadłego trybu życia i ciągłego użytkowania tych samych gruntów. Wówczas elementem przywracającym żywność glebie było kilkuletnie odłogowanie pola (**system odłogowy**). Pole uprawne dzielono na kilka części, z których jedną kilka lat obsiewano zbożami, a gdy ich plony zaczęły drastycznie spadać, pole pozostawiano jako odłóg, aby odzyskało żywność w naturalny sposób. Do uprawy wybierano wówczas najdłużej odłogującą część pola, a odłogi wykorzystywano jako pastwiska. Postępujący brak ziemi uprawnej powodował, że okres odłogowania ulegał systematycznemu skracaniu do 2–3 lat, a w końcu do roku. Wówczas nastąpiło przejście najpierw do systemu 2-polowego: ugór – zboża, a następnie do 3-polowego: ugór – zboża – zboża (**system ugorowy**). Trójpolówkę z ugoriem w Europie Zachodniej wprowadzono w IX i X w., natomiast na naszych

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

terenach w wieku XII i XIII, taki sposób użytkowania ziemi utrzymywał się do XVIII i XIX w. Zwiększające się zapotrzebowanie na żywność związane z rozwojem miast oraz poznanie i wprowadzenie do uprawy nowych gatunków roślin (groch, soczewica, koniczyna, burak pastewny, rzepa, brukiew, ziemniak, rzepik, rzepak itp.), powodowało stopniowe zmniejszanie powierzchni ugorów. Następowало wówczas powolne przechodzenie do trójpolówki ulepszonej (niezbożowe – zboża ozime – zboża jare), a następnie do płodozmianu. W krajach Europy Zachodniej na przełomie XVIII i XIX w. zboża zaczęto uprawiać na przemian z roślinami niezbożowymi (**system płodozmianowy**). Klasycznym rozwiązaniem był płodozmian wprowadzony w hrabstwie Norfolk w Anglii (płodozmian norfolcki): okopowe nawożone obornikiem – jęczmień jary + wsiewka koniczyny – koniczyna – zboża ozime (pszenica lub żyto), który w formie oryginalnej lub z pewnymi modyfikacjami był dość szeroko rozpowszechniony w Europie, również w Polsce.

Płodozmiany wdrażały w pierwszej kolejności duże gospodarstwa folwarczne. Taki system gospodarowania zalecał w swoich pracach Kluk i inni propagatorzy wiedzy rolniczej na przełomie XVIII i XIX w. Natomiast w gospodarstwach chłopskich system gospodarki płodozmianowej upowszechniał się powoli. Szacuje się, że w Królestwie Polskim w końcu XIX w. stosowało go tylko ok. 10% gospodarstw, a 40% prowadziło trójpolówkę ulepszoną, zaś pozostałe utrzymywały jeszcze starą trójpolówkę z ugozem.

W przybliżeniu można szacować, że system gospodarki płodozmianowej utrzymywał się w europejskim rolnictwie do lat 50.–60. XX w. W tym okresie do rolnictwa zaczęły masowo napływać nowe przemysłowe środki produkcji, które częściowo ograniczały znaczenie płodozmianu. Dodatkowo na organizację produkcji rolniczej coraz silniejszy wpływ wywierały czynniki ekonomiczno-organizacyjne (koniunkturalne), które wymuszały specjalizację w produkcji i upraszczanie płodozmianów. Wielopolowe płodozmiany stwarzają wprawdzie warunki do uzyskania dużych plonów poszczególnych gatunków roślin, ale nie zawsze warunkują one osiągnięcie największych dochodów, ponieważ:

- wprowadza się do uprawy, poza gatunkami o wysokiej wartości rynkowej, również rośliny mniej cenne, np. owies, bobowate lub gatunki roślin, na które w ostatnim okresie zmniejszyło się zapotrzebowanie (np. ziemniak, burak cukrowy, len itp.);
- ponosi się większe koszty na zmechanizowanie technologii produkcji różnych grup roślin w gospodarstwie – wyposażenie techniczne do uprawy zbóż, buraka cukrowego lub ziemniaka oraz roślin pastewnych, co jest szczególnie kosztowne przy wysokim poziomie zmechanizowania prac;
- następuje specjalizacja w produkcji (gospodarstwo utrzymuje tylko jeden gatunek zwierząt lub prowadzi jedynie produkcję roślinną), a dodatkowo zmiany w sposobach żywienia zwierząt zmniejszyły zapotrzebowanie na niektóre ziemiopłody (ziemniak, niektóre gatunki roślin pastewnych).

Należy podkreślić, że wpływ zmianowania na plonowanie roślin w ostatnim okresie ograniczają nowoczesne przemysłowe środki produkcji – nawozy makro- i mikroelementowe, selektywne chemiczne środki ochrony roślin oraz zaprawy skutecznie zwalczające specyficzne choroby i szkodniki, których nasilenie w przeszłości ograniczało jedynie zmianowanie. Duże znaczenie ma także postęp biologiczny i systematyczny dopływ nowych odmian tolerancyjnych lub odpornych na specyficzne choroby i szkodniki. Przykładem są: mątwikoodporne odmiany ziemniaka, odmiany rzepaku odporne na kiłę kapustnych lub zboża o większej odporności na choroby grzybowe, w tym choroby podstawy źdźbła. Duże znaczenie mają także nowoczesne maszyny skracające czas na przygotowanie roli i siew.

### **Zboża w strukturze zasiewów**

W praktyce szczególny problem stanowi duży udział zbóż w strukturze zasiewów, gdyż tą grupą roślin obsiewa w ostatnich latach ok. 74% gruntów ornych średnio w kraju (tab. 1). Występuje dodatkowo duże zróżnicowanie wysycenia struktury zasiewów zbożami, w zależności od wielkości gospodarstw oraz w ujęciu regionalnym. Mniejsze gospodarstwa zbożami obsiewają ponad 80% gruntów ornych, natomiast w gospodarstwach największych (ponad 100 ha) udział zbóż i ziemniaka jest mniejszy, a zdecydowanie większy roślin oleistych. Struktura zasiewów oraz dobór gatunków uprawianych zbóż wyraźnie zależą również od obsady zwierząt. Gospodarstwa największe o małej obsadzie zwierząt wyraźnie specjalizują się w produkcji roślinnej. W ich strukturze zasiewów średnio ponad 20% stanowią rośliny oleiste, a spośród zbóż dominują gatunki towarowe (pszenica – 44% oraz kukurydza zbierana na ziarno – 12%), przy znikomym udziale zbóż typowo pastewnych – mieszanki zbożowe i owies (tab. 1 i 2). Odmienna sytuacja występuje w gospodarstwach średnich i większych (10–50 ha), które posiadają relatywnie dużą obsadę zwierząt. W ich strukturze zasiewów dominują zboża, ale uprawia się głównie gatunki o mniejszych wymaganiach płodozmianowych – pszenżyto, żyto i mieszanki zbożowe, które dostarczają wartościowego ziarna paszowego. W tej grupie gospodarstw znaczący jest także udział w zasiewach kukurydzy zbieranej na kiszonkę oraz roślin pastewnych. Natomiast gospodarstwa drobne (1–10 ha) cechują się ekstensywnym sposobem gospodarowania, z przeznaczeniem produkcji głównie na samozaopatrzenie. W tej sytuacji dobór uprawianych roślin oraz ich następstwo w większości przypadków nie znajduje uzasadnienia ekonomicznego i gospodarczego.

Tabela 1

Struktura zasiewów (%) w różnych grupach obszarowych gospodarstw w 2010 r.

Powierz. UR (ha)	Zboża	Oleiste	Ziemniak	Burak cukr.	Strączkowe razem	Kukurydza na zielonkę	Motylkowe pastewne	Obsada zwierząt (DJP·ha <sup>-1</sup> UR)
1–3	78,2	2,2	8,8	0,4	1,7	0,8	2,8	0,46
3–5	80,6	2,4	6,5	0,4	2,0	1,1	2,5	0,50
5–10	81,2	2,8	5,0	0,7	2,0	1,8	2,4	0,61
10–15	79,4	3,6	4,1	1,5	1,9	3,6	2,8	0,80
15–20	77,0	4,5	3,6	2,1	2,0	5,0	3,2	0,92
20–50	73,2	7,5	2,8	2,8	2,1	6,2	3,4	0,94
50–100	69,4	13,6	2,1	2,9	2,7	4,1	3,5	0,65
Pow.100	62,9	20,4	2,0	2,8	2,1	3,7	3,3	0,19
<b>Razem</b>	<b>73,4</b>	<b>9,1</b>	<b>3,6</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>3,7</b>	<b>3,0</b>	<b>0,63</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, 2012 (1)

Tabela 2

Struktura zasiewów zbóż w 2010 r. w gospodarstwach różnej wielkości (zboża razem –100%)

Powierz. UR (ha)	Pszonica	Zyto	Jęczmień	Owies	Pszonżyto	Mieszanki zbożowe	Kukurydza na ziarno	Gryka i proso
1–3	27,9	14,2	10,7	9,8	16,4	17,7	1,9	1,4
3–5	23,0	16,3	11,3	10,5	17,0	18,6	1,7	1,6
5–10	19,8	17,6	11,8	9,9	18,5	19,5	1,6	1,3
10–15	19,1	16,3	12,5	9,0	19,9	20,4	1,7	1,1
15–20	20,4	14,8	13,1	8,1	20,6	19,9	2,1	1,0
20–50	26,0	11,9	14,2	6,7	20,3	16,4	3,4	1,2
50–100	35,1	11,2	13,7	6,1	17,0	8,4	6,0	2,5
Pow.100	44,1	11,2	12,8	4,3	11,5	2,2	11,7	2,2
<b>Razem</b>	<b>27,9</b>	<b>13,9</b>	<b>12,8</b>	<b>7,5</b>	<b>17,4</b>	<b>14,4</b>	<b>4,5</b>	<b>1,5</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, 2012 (1)

Spadek plonu zbóż w specjalistycznych płodozmianach zbożowych jest następstwem:

- porażenia roślin, głównie pszenicy, jęczmienia i pszenżyta, przez grzyby powodujące choroby podstawy źdźbła (choroby podsuszkowe);
- wzrostu zachwaszczenia, a szczególnie kompensacji uciążliwych gatunków chwastów (miotła zbożowa, przytulia czepna, rumianowate, owies głuchy, wyczyniec polny itp.);

- spadku żyzności gleby powodowanego obniżeniem jej biologicznej aktywności, skutek systematycznego dopływu do gleby tych samych resztek poźniwnych;
- działania substancji biologicznie czynnych powstających w początkowym okresie rozkładu w glebie resztek poźniwnych zbóż i słomy. Są to głównie związki fenolowe, które hamują wschody i początkowy wzrost zbóż i w pewnym sensie tworzą stresowe warunki ich wzrostu, co może sprzyjać nasilonemu występowaniu chorób.

Podstawową przyczyną mniejszej wydajności zbóż w specjalistycznych płodozmiarach jest porażenie roślin przez choroby podstawy źdźbła. Są to choroby powodowane przez kilka gatunków pasożytniczych grzybów, które uszkodzają system korzeniowy oraz podstawę źdźbła, a na roślinę następczą przenoszą się za pośrednictwem gleby, przeżywając na resztkach poźniwnych roślin przedplonowych przez okres 2–3 lat. Największe znaczenie gospodarcze mają: zgorzel podstawy źdźbła (*Gaeumannomyces graminis*), łamliwość źdźbła (*Pseudocercospora herpotrichoides*), naczyniowa pasiałość zbóż (*Cephalosporium gramineum*) oraz grzyby z rodzaju *Fusarium*, spośród których szczególnie groźne są gatunki wytwarzające mykotoksyny. Następstwem wystąpienia chorób podstawy źdźbła jest przerzedzenie ładu, gorsze wypełnienie ziarna, a w konsekwencji wyraźny spadek plonu zbóż i często również gorsza jakość ziarna. Ta grupa chorób w dalszym ciągu stanowi problem w produkcji, pomimo postępu w ochronie roślin, tj. wprowadzania fungicydów zwalczających łamliwość źdźbła oraz zapraw przeciwko zgorzeli podstawy źdźbła.

Odpowiedni dobór herbicydów pozwala skutecznie ograniczyć zachwaszczenie zbóż, niezależnie od zmianowania. Jednak w dobrych stanowiskach, nawet w pszenicy, wystarczający jest jeden zabieg herbicydowy. Natomiast w złych stanowiskach, z uwagi na zmniejszoną zdolność konkurencyjną ładu zbóż w stosunku do chwastów, w celu skutecznego ograniczenia zachwaszczenia trzeba wykonać dwa, a w skrajnych przypadkach nawet trzy opryski herbicydami. Zwiększa to koszty produkcji oraz stwarza zagrożenia dla środowiska przyrodniczego.

Utrzymanie żyzności gleby w płodozmiarach zbożowych jest możliwe dzięki nawożeniu słomą wzbogaconą dodatkami nawozów azotowych oraz w miarę możliwości częściej uprawie międzyplonów. Dobre rozdrobnienie słomy i równomierne rozrzucenie jej na powierzchni pola oraz wymieszanie z powierzchniową warstwą gleby, co umożliwiają nowoczesne maszyny, przyspiesza jej rozkład w glebie i ogranicza ujemne oddziaływanie na rośliny następcze substancji czynnych biologicznie powstających w trakcie rozkładu słomy.

### **Wpływ przedplonu na plonowanie zbóż w warunkach różnego zaopatrzenia rolnictwa w przemysłowe środki produkcji**

W doświadczeniach przeprowadzonych w terenie Polski w okresie międzywojennym, w warunkach braku nawożenia mineralnego oraz chemicznych środków ochrony

roślin, po przedplonach zbożowych uzyskiwano mniejsze plony pszenicy ozimej i żyta o ok.  $1 \text{ t ha}^{-1}$ , czyli o ok. 30–40%, niż po ziemniakach nawożonych obornikiem lub peluszcze (tab. 3). W stanowisku po owsie, który ze względów fytosanitarnych jest dobrym przedplonem zbóż, uzyskiwano zbliżonej wielkości plony pszenicy i żyta, jak po innych zbożach, czyli wyniki te wskazują, że w tych warunkach o wartości przedplonu decydowała głównie dostępność azotu.

Tabela 3

Plon pszenicy ozimej i żyta ( $\text{t ha}^{-1}$ ) w zależności od przedplonu

Pszenica ozima			Żyto ozime		
Przedplon	Opatowiec (1932–1936)	Głódowo (1932–1934)	Przedplon	Głódowo (1932–1937)	Sielec (1933–1936)
Peluszka	2,80	2,85	Łubin	3,42	3,26
Ziemniak	-	2,73	Ziemniak	3,23	2,90
Rzepak	2,47	-	Owies	2,48	2,49
Owies	2,09	1,73	Żyto	2,56	1,87
Jęczmień jary	1,95	1,86	-	-	-

Źródło: Kozakiewicz, 1971 (6)

W doświadczeniach prowadzonych w latach 70. XX w. w zakładach doświadczalnych IUNG i ODR, w warunkach stosowania nawożenia mineralnego oraz ochrony roślin przed chwastami (głównie dwuliściennymi) pszenica ozima wysiewana po sobie lub życie plonowała, podobnie jak w doświadczeniach z okresu międzywojennego (tab. 3), o ok. 1 tony niżej niż po ziemniaku lub roślinach bobowatych (tab. 4). Jednak z uwagi na wyższy poziom plonu pszenicy (ok.  $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) po dobrych przedplonach, obniżka ta wyrażona w liczbach względnych wynosiła ok. 20%. Należy także pokreślić, że w warunkach stosowania nawożenia mineralnego owies był tylko nieznacznie gorszym przedplonem dla pszenicy w porównaniu z ziemniakiem lub roślinami bobowatymi.

Tabela 4

Plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w zależności od przedplonu na glebach pszennych i żytnich bardzo dobrych (średnio z 37 doświadczeń z lat 1970–1980)

Przedplon	Pszenica ozima		Jęczmień jary	
	$\text{t ha}^{-1}$	%	$\text{t ha}^{-1}$	%
Ziemniak*	4,60	100	4,25	100
Bobowate	4,53	98	4,25	100
Owies	4,36	95	4,04	95
Zboża ozime	3,63	79	3,87	91

\* nawożenie obornikiem –  $30 \text{ t ha}^{-1}$

Źródło: Kuś, 1987 (7)

Wyniki trwałego doświadczenia płodozmianowego prowadzonego od 1970 r. w RZD Grabów wskazują, że obecnie w warunkach stosowania pełnego nawożenia organiczno-mineralnego (obornik + NPK + Ca) oraz ochrony roślin pszenicy przed chwastami, chorobami oraz szkodnikami można uzyskać względnie duże jej plony niezależnie od przedplonu i zmianowania (tab. 5). Plon pszenicy ozimej wysiewanej po przedplonach niezbożowych (ziemniak, bobowate lub pastewne), średnio za okres ostatnich 15 lat, wynosił w zależności od zamianowania 7,0–7,3 t·ha<sup>-1</sup>. Plon pszenicy wysiewanej po pszenżycie, również średnio za okres 15 lat wynosił 6,1 t·ha<sup>-1</sup>, czyli był o ok. 1 t·ha<sup>-1</sup> (13–16%) mniejszy od zbieranego po przedplonach niezbożowych. Niższy był plon pszenicy wysiewanej po życie (5,7 t·ha<sup>-1</sup>), jednak na polach tego zmianowania od 1970 r. systematycznie są wysiewane same zboża w zmianowaniu: owies – pszenica oz. – żyto – pszenica oz.

Tabela 5

Plonowanie zbóż (t·ha<sup>-1</sup>) średnio za lata 2000–2014 w trwałym doświadczeniu płodozmianowym w Grabowie

Roślina rotacji	Zmianowania – udziałem zbóż w strukturze zasiewów (%)			
	A – 50	B – 75	C – 75	D – 100
I	ziemniak*	ziemniak*	bobowate*	owies* – 4,95
II	pszenica ozima			
	7,32	7,02	6,96	6,75
III	pastewne	owies – 4,75	pszenżyto – 6,52	żyto – 5,75
IV	pszenica ozima			
	6,99	6,70	6,07	5,72

\* nawożenie obornikiem 30 t·ha<sup>-1</sup>

Źródło: badania własne (dane w takim ujęciu niepublikowane)

Interesujących informacji odnośnie roli zmianowania w uprawie pszenicy ozimej dostarczają również wyniki badań nad porównaniem różnych systemów produkcji prowadzonych na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego od 1994 r. w gospodarstwie Osiny należącym do RZD Kępa (tab. 6).

Tabela 6

Plonowanie i wybrane elementy agrotechniki pszenicy ozimej w różnych zmianowaniach w latach 1996–2014 (Osiny – woj. lubelskie)

Wyszczególnienie	Zmianowanie – gatunki roślin*		
	4-polowe (Z**–P.j.–B–P.o+m)	3-polowe (Rz.–P.o.–P.j.)	monokultura (P.o.)
Zaprawianie nasion	+	+	+
Nawożenie N (kg·ha <sup>-1</sup> )	80–100	120–140	140–170
Herbicydy	1x	1–2x	2–3x
Fungicydy	1–2x	2x	2–3x
Bronowanie	-	-	-

Wyszczególnienie	Zmianowanie – gatunki roślin*		
	4-polowe (Z**–P.j.–B–P.o+m)	3-polowe (Rz.–P.o.–P.j.)	monokultura (P.o.)
plon ziarna pszenicy (t·ha <sup>-1</sup> ) w kolejnych 3-letnich okresach			
1996–1998	5,7	6,1	4,7
1999–2001	6,3	6,0	4,7
2002–2004	6,7	6,6	4,9
2005–2007	6,1	5,5	4,1
2008–2010	6,4	5,9	5,3
2011–2014***	8,4	8,1	6,9
Średnio za 18 lat	6,6	6,4	5,1
Zakres wahań plonu w latach	4,5–9,5	3,2–9,4	2,1–7,5
Obsada kłosów (szt. m <sup>2</sup> )	552	534	475
Masa 1000 ziarn (g)	45,1	44,8	41,4

\* Z – Ziemiak, P.j. – pszenica jara, B – bobik, P.o. – pszenica ozima, R.z. – rzepak, m – międzyplon

\*\* w 2012 r. pszenica ozima na wszystkich obiektach wymarzała

\*\*\* nawożenie obornikiem 30 t·ha<sup>-1</sup>

Źródło: badania własne (dane w takim ujęciu niepublikowane)

W zmianowaniu 4-polowym typu norfolckiego (ziemiak – pszenica jara – bobik – pszenica ozima) uzyskano średnio za 18 lat najwyższy plon ziarna pszenicy – 6,6 t·ha<sup>-1</sup>, w warunkach ograniczonego zużycia nawozów azotowych oraz chemicznych środków ochrony roślin. Zbliżonej wielkości jej plon, średnio za ten sam okres, uzyskano w trójpolowym zmianowaniu (rzepak oz. – pszenica ozima – pszenica jara), jednak w tym przypadku konieczne było większe zużycie nawozów azotowych, o 40–50 kg N·ha<sup>-1</sup>, dodatkowy wiosenny oprysk herbicydami oraz w większości lat dodatkowy oprysk fungicydami przeciwko łamliwości podstawy źdźbła, który w zmianowaniu z 50% udziałem stosowano tylko w latach o większym nasileniu tej choroby. W ostatnim okresie (2011–2014) nawet w monokulturowej uprawie pszenicy ozimej prowadzonej od 1994 r. uzyskano 6,9 t·ha<sup>-1</sup> ziarna pszenicy, czyli plon ten był tylko o 15–18% mniejszy niż w 3- lub 4-polowym zmianowaniu. Uzyskanie tak dużych plonów pszenicy w monokulturze wymagało zaprawiania ziarna preparatami zwalczającymi zgorzel podstawy źdźbła, stosowania wyższego o 30–50 kg·ha<sup>-1</sup> nawożenia azotowego oraz intensywnej ochrony roślin przed chwastami i chorobami. W większości lat na tym obiekcie konieczne było dodatkowe zwalczanie miotły zbożowej w późniejszym terminie (okres wyrzucania wiech) oraz dodatkowego oprysku fungicydami. We wcześniejszym okresie, w warunkach braku pełnego zestawu elementów agrotechniki kompensujących zły przedplon, plony pszenicy wysiewanej w monokulturze były o 20–30% niższe niż w obu wariantach zmianowania. Mniejszy plon w monokulturze, pomimo wysiewu tej samej odmiany oraz takiej samej ilości wysiewu, był następstwem mniejszej obsady kłosów oraz gorszej dorodności ziarna.

Należy także podkreślić, że negatywny wpływ monokultury na plonowanie pszenicy uwidaczniał się szczególnie silnie w warunkach skrajnie niekorzystnego przebiegu pogody. W kłęskowo suchym 2006 r. w monokulturze zebrano jedynie 2,1 t $ha^{-1}$  słabej jakości ziarna (praktycznie pośladu), natomiast w zmianowaniu w tych samych warunkach plon był ponad 2-krotnie wyższy.

W ocenie wyników tego doświadczenia należy również zwrócić uwagę na zróżnicowane nawożenie organiczne: obornik w zmianowaniu 4-polowym, słoma rzepaku i pszenicy ozimej w trójpolówce oraz w monokulturze słoma dwukrotnie przyorywana w każdym 3-letnim okresie.

Tabela 7

Porównanie plonów różnych gatunków zbóż w stanowisku po pszenicy ozimej

Kompleks glebowy	Przedplon	Roślina następcza	Plon (t $ha^{-1}$ )
Żytni b. dobry (4)	pszenica oz.	jęczmień j.	3,52
		żyto	4,94
		pszenżyto oz.	5,18
Pszenny dobry (2)	pszenica oz.	pszenica oz.	4,14
		jęczmień oz.	4,65
		pszenżyto oz.	5,72

Źródło: badania własne (dane w takim ujęciu niepublikowane)

W praktyce o doborze gatunków uprawianych w gospodarstwie zbóż (zmianowaniu) powinno decydować głównie przeznaczenie produkowanego ziarna, jakość gleb oraz intensywność prowadzonej produkcji. W gospodarstwach uprawiających zboża na potrzeby paszowe w stanowiskach po pszenicy lub innych kłosowych uzasadniony jest wysiew, w zależności od warunków siedliskowych i gatunku utrzymywanych zwierząt, pszenżyta ozimego na glebach średnich i dobrych, jęczmienia ozimego na dobrych glebach, szczególnie w zachodnich rejonach kraju, lub żyta na słabszych glebach. Te gatunki zbóż reagują relatywnie mniejszym spadkiem plonu na wysiew po przedplonach kłosowych i w takich stanowiskach można uzyskać wyższe ich plony niż pszenicy ozimej (tab. 5 i 7). Dodatkowo bezpośrednie koszty ich produkcji są mniejsze niż pszenicy ozimej w takich stanowiskach, co wynika z: mniejszej ilości wysiewanych nasion o 20–30%, mniejszych dawek nawozów azotowych o ok. 20–25% oraz możliwości ograniczenia liczby zbiegów ochrony roślin. W przypadku tych gatunków zbóż zwykle wystarczające jest wykonanie po jednym oprysku herbicydami oraz jednego lub dwóch fungicydami.

W gospodarstwach specjalizujących się w produkcji roślinnej i uprawiających zboża przeznaczone na sprzedaż uzasadniona może być uprawa pszenicy w stanowiskach po zbożach, w tym po pszenicy. Większe koszty produkcji oraz mniejszy plon, w porównaniu z pozostałymi gatunkami zbóż ozimych, rekompensuje na ogół wyższa o ok. 20–30% cena zbytu ziarna pszenicy oraz zdecydowanie większe możliwości sprzedaży w porównaniu z pozostałymi gatunkami zbóż.

Zboża jare generalnie reagują mniejszym spadkiem plonu na uprawę po przedplonach zbożowych niż zboża ozime, a dodatkowo poprzez wysiew międzyplonów można częściowo poprawić wartość stanowisk po zbożach, jednak ich potencjał plonowania jest mniejszy niż zbóż ozimych. Dodatkowo duże wahania przebiegu pogody w ostatnim okresie zwiększają zmienność ich plonowania w latach, w związku z tym zmniejsza się ich znaczenie gospodarcze.

Ogólnie należy stwierdzić, że na lepszych glebach oraz w warunkach wyższego poziomu agrotechniki (pełne nawożenie organiczne i mineralne, chemiczna ochrona roślin przed chwastami, chorobami i szkodnikami) obniżki plonów wszystkich gatunków zbóż spowodowane złym przedplonem są mniejsze niż na słabszych glebach i przy gorszej agrotechnice.

### **Znaczenie płodozmianu w uprawie pozostałych ważniejszych gatunków roślin**

Wszystkie gatunki roślin reagują pewną obniżką plonu na wysiew po sobie lub zbyt duży ich udział w strukturze zasiewów. W przypadku jednych gatunków roślin (burak, bobowate) spadki te są duże i szybko się ujawniają, zaś u innych gatunków (kukurydza, rzepak) obniżki te mogą być mniejsze i występować po dłuższym okresie uprawy. Aktualnie gospodarka płodozmianowa nie stwarza problemów w uprawie ziemniaka i buraka cukrowego, natomiast nabiera znaczenia w odniesieniu do rzepaku i kukurydzy.

**Ziemniak** – w ostatnim 40-leciu (1975–2014) powierzchnia jego uprawy w Polsce zmniejszyła się z 2,58 do 0,27 mln ha, a udział w strukturze zasiewów spadł z 17,6 do 2,6% (3). Wskazuje to, że w praktyce jedynie sporadycznie mogą występować problemy z dużym wysyceniem zmianowania tą rośliną. Dodatkowo większość odmian ziemniaka będących aktualnie w uprawie wykazuje się odpornością w stosunku do mątwika ziemniaczanego (*Heterodera rostochiensis*), który jest podstawowym czynnikiem obniżającym plony ziemniaka w zmianowaniach z dużym jego udziałem.

**Burak cukrowy** – powierzchnia jego uprawy w Polsce w ostatnim 40-leciu zmniejszyła się z 0,50 do 0,19 mln ha, a udział w strukturze zasiewów obniżył się z 3,4 do 1,8% (3). W tej sytuacji można zakładać, że tylko sporadycznie na terenach położonych w pobliżu cukrowni może dochodzić do zbyt częstej uprawy buraka na wybranych polach, co prowadzi do „wyburaczenia pola”, powodowanego głównie zasiedleniem gleby przez mątwika burakowego. Ograniczenie populacji tego szkodnika dodatkowo ułatwia uprawa odpornych na mątwika odmian rzodkwi oleistej, gorczyicy białej lub facelii wysiewanych w międzyplonach ścierniskowych przed burakami.

**Rzepak** – powierzchnia uprawy tej rośliny wzrosła w analizowanym 40-leciu z 0,31 do 0,95 mln ha, a jego udział w strukturze zasiewów zwiększył się z 2,1 do 9,1%. Uprawa rzepaku koncentruje się w dużych gospodarstwach (powyżej 100 ha), które w 2010 r. średnio w kraju obsiewały tą rośliną ponad 20% gruntów

ornych (tab. 1). Dodatkowo w zachodnich i północnych rejonach kraju występuje również większe nasilenie uprawy tej rośliny. W związku z tym można zakładać, że w licznych gospodarstwach rzepak jest wysiewany na poszczególnych polach częściej niż co 3–4 lata, co stwarza niebezpieczeństwo rozwoju kiły kapusty powodowanej przez *Plasmodiophora brassicaev* (mikroorganizm należący do królestwa pierwotniaków). Kiła kapusty jest najważniejszą „chorobą płodozmianową” kapustowatych, a jej objawami są guzowate narośla na korzeniach, początkowo białokremowe, a następnie brunatniejące. Porażenie tą chorobą ogranicza wzrost roślin, często prowadzi do ich wędnięcia i zamierania. Dotychczas brak jest skutecznych chemicznych metod zwalczania kiły kapusty, więc jedynym sposobem ograniczania jej nasilenia jest wydłużenie przerwy w uprawie na danym polu rzepaku oraz pozostałych roślin kapustowatych w plonie głównym oraz międzyplonach (gorczyca, rzodkiew itp.), a także wysiew odpornych odmian rzepaku, które pojawiły się w ostatnich latach.

**Kukurydza** – była dotychczas zaliczana do roślin o stosunkowo małych wymaganiach płodozmianowych, która może być okresowo wysiewana nawet monokulturze. Jednak w ostatnim okresie wzrosło w praktyce nasilenie szkodników (zachodnia kukurydziana stonka korzeniowa, omacnica prosowianka, rolnice, drutowce itp.) oraz chorób (fuzariozy, głownie). Nasilenie tych patogenów wyraźnie zależy od częstotliwości uprawy kukurydzy na danym polu, dlatego wzrasta profilaktyczne znaczenie zamianowania, szczególnie w warunkach obowiązkowego stosowania integrowanej ochrony roślin.

### Wpływ płodozmianu na żyzność gleby

Płodozmian łącznie z nawożeniem organicznym i uprawą roli są głównymi elementami agrotechniki decydującym o zawartości próchnicy w glebie, której zawartość powszechnie traktuje się jako podstawowy wskaźnik żyzności gleby i oceny poprawności gospodarowania. Zawartość próchnicy w glebie decyduje o całokształcie jej właściwości:

- a) fizycznych – strukturze i pojemności wodnej (retencji), podatności na zagęszczenie oraz erozję, a także barwie i właściwościach cieplnych gleby (albedo oraz przewodnictwo cielne);
- b) chemicznych – zdolności zatrzymywania i gromadzenia składników pokarmowych (pojemności sorpcyjnej gleby), właściwościach buforowych i stabilizacji odczynu, kompleksowania metali ciężkich i dezaktywacji pestycydów;
- c) biologicznych – aktywności biologicznej i potencjale fitosanitarnym decydującym o zdolności przeżywania patogenów, a pośrednio zdrowotności roślin.

Poszczególne grupy roślin uprawnych różnią się ilością pozostających resztek poźniwnych, długością okresu ocienienia powierzchni gleby oraz wymagają różnej ilości mechanicznych zabiegów uprawowych i pielęgnacyjnych, co w zasadniczy

sposób wpływa na bilans glebowej materii organicznej. W uproszczeniu uprawiane rośliny można podzielić na trzy grupy:

- a) wzbogacające glebę w substancję organiczną – należą tu przede wszystkim wieloletnie rośliny pastewne – motylkowate i ich mieszanki z trawami oraz trawy w uprawie polowej. Dodatkowo z uwagi na optymalny stosunek węgla do azotu ich wpływ na jakość związków próchnicznych jest korzystny. Także rośliny strączkowe oraz międzyplony przyorywane jako zielone nawozy mają niewielki dodatni wpływ na bilans próchnicy;
- b) zubożające glebę – są to głównie rośliny okopowe, warzywa korzeniowe i kukurydza. Pozostawiają one bardzo mało resztek poźniwnych, a ich wysiew w szerokie rzędy, międzyrzędowe zabiegi pielęgnacyjne oraz późne zwarcie łąnu (zakrycie międzyrzędzi) zwiększa rozkład próchnicy i nasila erozję gleby;
- c) rośliny o małym ujemnym wpływie na bilans próchnicy lub neutralne pod tym względem. Należą tu zboża i rośliny oleiste. Wcześniej zboża traktowano jako rośliny degradujące substancję organiczną gleby, jednak zmiany w ich agrotechnice (zagęszczenie łąnów dzięki skróceniu słomy, ograniczenie liczby zabiegów uprawowych i stosowanie uprawy bezorkowej oraz kombajnowy zbiór) zwiększają masę pozostających resztek poźniwnych, a uproszczenia uprawowe ograniczają tempo mineralizacji próchnicy. Należy jednak podkreślić, że duża zawartość węgla przy małej azotu (szeroki stosunek C:N), a także wysoka zawartość ligniny zmniejszają ich oddziaływanie na biologiczną aktywność gleby.

Celem łatwiejszego bilansowania glebowej materii organicznej w zmianowaniu podejmuje się próby wyznaczenia liczbowych wskaźników jej degradacji oraz reprodukcji. Wartość wskaźnika reprodukcji informuje o ile w kg w przeliczeniu na 1 ha zwiększy się ilość glebowej materii organicznej w wyniku uprawy roślin wzbogacających glebę w próchnicę lub po zastosowaniu  $1\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  różnych nawozów naturalnych bądź organicznych. Natomiast wskaźnik degradacji oznacza ilość glebowej materii organicznej, o którą zostanie zubożona gleba w ciągu roku w następstwie uprawy roślin zubażających glebę w próchnicę.

Do wyznaczenia tych współczynników wykorzystuje się wyniki wieloletnich doświadczeń nawozowych – prowadzonych zwykle przez okres ponad 20–30 lat, oraz modele matematyczne. Najbardziej prace te są zaawansowane w Niemczech, gdzie szczególnie liczna jest sieć trwałych doświadczeń nawozowych. Pierwsze wartości takich współczynników obejmujących w całościowy sposób bilansowanie glebowej materii organicznej opracowano w 1981 r. (Eich i Kundler). W 2004 r. z inicjatywy VDLUFA (Stowarzyszenie Niemieckich Instytutów Naukowych i Badawczo-Wdrożeniowych) ukazało się poszerzone i zaktualizowane opracowanie na ten temat. Kolejna aktualizacja tych współczynników, wydana również przez VDLUFA, ukazała się 2014 r. (4).

Konieczność modyfikacji współczynników wynika ze zmian w technologii produkcji roślinnej, takich jak: skrócenie źdźbła umożliwiające zagęszczenie łąnów

zbożowych, kombajnowy zbiór dodatkowo zwiększający ilość resztek poźniwnych pozostających na polu, nowe generacje maszyn umożliwiające systematyczne ograniczanie liczby zabiegów uprawowych oraz coraz powszechniejsze stosowanie uprawy bezorkowej, dodatni bilans azotu na większości pól itp. Czynniki te wpływają na ilość pozostających resztek poźniwnych oraz tempo ich przemian w glebie, a w konsekwencji na bilans glebowej materii organicznej.

W związku z tym, że w kraju brak pełniejszych opracowań na ten temat w dalszej analizie wykorzystano opracowanie VDLUFA z 2014 r. (4).

Racjonalna gospodarka glebową materią organiczną powinna zapewniać utrzymanie zrównoważonego jej bilansu w ramach zmianowania lub gospodarstwa. Wartości współczynników podane w tabelach 8 i 9 informują o ilości (w  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) glebowej materii organicznej (próchnicy), o którą zostanie gleba zubożona (degradacja) lub wzbogacona (reprodukcja) w okresie roku, w następstwie uprawy poszczególnych gatunków roślin. Z kolei w tabeli 10 podano wskaźniki reprodukcji glebowej materii organicznej w następstwie zastosowania różnych nawozów naturalnych i organicznych. Wartość współczynnika informuje o ile  $\text{kg}$  przyrośnie ilość glebowej materii organicznej w następstwie zastosowania 1 tony świeżej masy wymienionych nawozów. Wartości tych współczynników wyraźnie zależą od zawartości suchej masy w stosowanym nawozie. Saldo bilansu glebowej materii organicznej dla zmianowania oblicza się według formuły:

$$\text{Saldo próchnicy} = a - b$$

gdzie:

a – przychód (reprodukcja) z nawozów naturalnych oraz nawozów organicznych,

b – mineralizacja (degradacja) poprzez uprawę roślin w kolejnych latach rotacji zmianowania.

Tabela 8

Wartości współczynników ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) degradacji glebowej materii organicznej dla poszczególnych gatunków roślin

Gatunek /grupa roślin	Degradacja glebowej materii organicznej		
	wartości niskie*	wartości średnie**	wartości niskie***
Burak cukrowy i pastewny	-760	-1300	-1840
Ziemniak, warzywa kapustne, por, seler, ogórek, cukinia, pomidor itp.	-760	-1000	-1240
Kukurydza na ziarno i kiszonkę, cykoria, papryka, czosnek, marchew itp.	-560	-800	-1040
Zboża, oleiste, fasola szparagowa, groszek zielony, cebula, pietruszka oraz zioła i rośliny przyprawowe	-280	-400	-520

\* gleby w dobrej kulturze o niedoborze wilgoci i ograniczonym nawożeniu azotowym; \*\* gleby w dobrej kulturze przy poprawnej gospodarce nawozowej; \*\*\* gleby w niskiej kulturze lub gospodarowanie ukierunkowane na duże wykorzystanie azotu glebowego (np. rolnictwo ekologiczne).

Źródło: VDLUFA 2014 (4)

Tabela 9

Wartości współczynników ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) reprodukcji glebowej materii organicznej dla roślin wzbo-  
gających glebę materię organiczną

Gatunek/Grupa roślin	Reprodukcja glebowej materii organicznej	
	niski poziom plonów*	wysoki poziom plonów**
Motylikowate wieloletnie, ich mieszanki trawami i trawy w uprawie polowej:		
– każdy rok użytkowania	600	800
– rok wysiewu, jako:		
– wsiewka	200	300
– zasiew czysty wiosną	400	500
– zasiew czysty latem	100	150
Strączkowe na n asiona (łącznie z resztkami poźniwnymi)	160	
Międzyplony – ozime	140	
– ścierniskowe	100	
– wsiewki	250	

\* plon poniżej  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; \*\* plon powyżej  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  zielonej masy na rok użytkowania

Źródło: VDLUFA 2014 (4)

Tabela 10

Reprodukcja glebowej materii organicznej w  $\text{kg}$  na 1 tonę świeżej masy różnych nawozów  
naturalnych i organicznych

Rodzaj nawozu	Zawartość suchej masy (%)	Współczynnik reprodukcji – MOG* ( $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ nawozu)
Słoma	86	100
Liście buraka, marchewki, nawozy zielone, trawa z innych użytków	10 20	8 16
Obornik świeży	20 30	28 40
Obornik przefermentowany	25 35	40 56
Gnojowica świńska	4 8	4 8
Gnojowica bydłęca	4 7 10	6 9 12
Pomiot od drobiu	15 25 35 45	12 22 30 38

cd. tab. 10

Rodzaj nawozu	Zawartość suchej masy (%)	Współczynnik reprodukcji – MOG* (kg·t <sup>-1</sup> nawozu)
Odpady organiczne świeże	20	30
	40	62
Odpady organiczne przekompostowane	40	46
	50	58
	60	70
Osady ściekowe stabilizowane wapnem	20	16
	25	20
	35	36
	45	46
	55	56
Osad pofermentacyjny z biogazowi rolniczej – płynny	4	6
	7	9
	10	12
Osad pofermentacyjny z biogazowi rolniczej – odwodniony	25	36
	35	50
Osad pofermentacyjny z biogazowi rolniczej – przekompostowany	30	40
	60	70

\* glebowa materia organiczna

Źródło: VDLUFA 2014 (4)

W tabeli 11 podano przyjęte przez VDELFA w 2014 r. oceny i zalecenia w warunkach różnych wartości salda glebowej materii organicznej. W przypadku gospodarowania z dużą ujemną wartością salda (grupa A – powyżej 200 kg w okresie roku) następuje degradacja żyzności gleby i spadek polonów uprawianych roślin, a także zwiększona jest emisja CO<sub>2</sub> z gleby. Bardzo wysokie dodatnie saldo (grupa E) jest również niekorzystne, gdyż wówczas występuje nadmierna mineralizacja materii organicznej w glebie także poza okresem wegetacji, czemu towarzyszy zwiększone uwalnianie składników nawozowych, których nie pobierają w tym okresie rośliny. Następstwem jest niebezpieczeństwo przemieszczania w okresie jesienno-zimowym biogenów, głównie azotu i fosforu, do wód gruntowych i powierzchniowych. Ponadto w takich warunkach niska jest efektywność nawożenia mineralnego.

Tabela 11

## Ocena wielkości salda glebowej materii organicznej – następstwa i zalecenia

Saldo glebowej materii organicznej (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )	Grupa oceny wielkości salda	Następstwa i zalecenia
Poniżej – 200	A bardzo niskie	spadek żyzności gleby i plonów – konieczne zwiększenie dopływu do gleby materii organicznej
–200 do –76	B niskie	okresowo dopuszczalne na glebach próchnicznych, jednak wskazana korekta nawożenia organicznego
–75 do 100	C optymalne	stan optymalny – nie wymaga korekt
101 do 300	D wysokie	okresowo uzasadnione na glebach ubogich w próchnicę – w dłuższym okresie wskazana korekta nawożenia
Powyżej 300	E bardzo wysokie	nadmierna mineralizacja materii organicznej, możliwe duże straty azotu i ewentualnie fosforu oraz niska efektywność nawożenia mineralnego

Źródło: VDLUFA 2014 (4)

Przykłady obliczania salda bilansu glebowej materii organicznej dla 5-polowego zmianowania (burak cukrowy – 20%, zboża – 60% oraz bobik lub koniczyna z trawą – 20% i międzyplon ścierniskowy – 20%) podano w tabeli 12. W przypadku takiej samej struktury zasiewów i doboru uprawianych roślin dodatkowo uwzględniono wariant gospodarstwa prowadzącego produkcję zwierzęcą i stosującego obornik oraz gospodarstwa bezinwentarzowego.

W wariantach A i B (zmianowania z bobikiem) mineralizacja glebowej materii organicznej w całym 5-polowym zmianowaniu wynosi 2240 kg, czyli średnio 448 kg·ha<sup>-1</sup> w okresie roku. W przypadku gospodarstwa z produkcją zwierzęcą zastosowanie 35 t·ha<sup>-1</sup> obornika pod burak cukrowy oraz dodatkowo przyorania liści buraka, międzyplonu i słomy na jednym polu pszenicy równoważy bilans próchnicy w zmianowaniu. W gospodarstwie bezinwentarzowym (bez nawożenia obornikiem) dopiero przyoranie słomy wszystkich uprawianych roślin (3 pola pszenicy) oraz liści buraka i międzyplonu umożliwiło z trudem zrównoważenie tego bilansu. Odmienna sytuacja wystąpiła w przypadku zastąpienia bobiku mieszkanką koniczyny czerwonej z trawami, którą użytkuje się jeden rok (wariant C). W warunkach takiego następstwa roślin mineralizacja glebowej materii organicznej w całym 5-polowym zmianowaniu wynosiła tylko 950 kg, czyli średnio 190 kg·ha<sup>-1</sup> w ciągu roku. Wówczas zastosowanie tylko 35 t·ha<sup>-1</sup> obornika pod buraki całkowicie równoważyło bilans glebowej materii organicznej w 5-polowym zmianowaniu.

Tabela 12

Przykład obliczania sala bilansu glebowej materii organicznej w płodozmianie

Uprawiana roślina	Udział w zasiewach (%)	Reprodukcja (+) degradacja (-) MOG* (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )	Nawozy naturalne i organiczne (t·ha <sup>-1</sup> )	Współczynnik reprodukcji MOG (kg·t <sup>-1</sup> )	Reprodukcja MOG (kg·ha <sup>-1</sup> )
A – gospodarstwo z produkcją zwierzęcą (np. trzoda)					
Burak cukrowy	20	-1300	obornik – 35** liście b. – 40	40 10	1400 400
Pszemica jara	20	-400			
Bobik	20	+160			
Pszemica ozima	20	-400			
Pszemica ozima + międzyplon ściern.	20	-400 +100	słoma – 4	100	400
Suma dla zmianowania (kg·rok <sup>-1</sup> )		-2240			2 200
Średnio (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )		-448			440
Saldo (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )		-	-	-	-8
B – gospodarstwo bezinwentarzowe					
Burak cukrowy	20	-1300	liście b. – 40	10	400
Pszemica jara	20	-400	słoma – 4	100	400
Bobik	20	+160			
Pszemica ozima	20	-400	słoma – 6	100	600
Pszemica ozima + międzyplon ściern.	20	-400 +100	słoma – 5	100	500
Suma dla zmianowania (kg·rok <sup>-1</sup> )		-2240	-	-	1900
Średnio (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )		-448			380
Saldo (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )		-	-	-	-68
C – gospodarstwo z produkcją zwierzęcą i uprawą roślin wieloletnich					
Burak cukrowy	20	-1300	obornik 35**	40	1400
Jęczmień j. + wsiew. konicz. z trawą	20	-400 +250			
Koniczyna z traw.	20	+800			
Pszemica ozima	20	-400			
Pszemica ozima + międzyplon ściern.	20	-400 +100			
Suma dla zmianowania (kg·rok <sup>-1</sup> )		-950			1400
Średnio (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )		-190			280
Saldo (kg·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> )					90

\* MOG – glebowa materia organiczna;

\*\* obornik przefermentowany – zawartość suchej masy 25%

Źródło: obliczenia własne na danych podanych w tabelach 8–10

Poprawna gospodarka glebową materią organiczną (próchnicą) w obecnych warunkach zyskuje na znaczeniu, ponieważ obsada zwierząt w Polsce zmniejsza się systematycznie i w 2013 r. wynosiła średnio w kraju tylko 45,3 DJP·ha<sup>-1</sup> UR. Występuje także duże jej regionalne zróżnicowanie, gdyż waha się od ok. 0,12 w woj. dolnośląskim do 0,79 DJP·ha<sup>-1</sup> UR w woj. podlaskim (2). Również w dużych gospodarstwach (powyżej 100 ha) obsada zwierząt jest znacznie mniejsza niż w gospodarstwach średnich i małych (tab. 1). Liczne gospodarstwa całkowicie zrezygnowały z produkcji zwierzęcej, czemu towarzyszy również wyłączenie z uprawy roślin wieloletnich, co dodatkowo utrudnia zrównoważenie bilansu próchnicy. W przypadku takich gospodarstw reprodukcja glebowej materii organicznej ogranicza się do przyorywania plonów ubocznym, głównie słomy. Należy jednak podkreślić, że nawożenie słomą nawet po zastosowaniu uzupełniającej dawki azotu, wykazuje mniejszy wpływ na żyzność gleby w porównaniu z nawozami naturalnymi lub resztkami poźniwnymi roślin motylkowatych wieloletnich (tab. 13). W przypadku takich gospodarstw nawożenie słomą powinno być, w miarę możliwości, łączone z uprawą międzyplonów.

Równocześnie w wielu rejonach kraju wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem słomy na cele energetyczne, co przy nieumiejętnym postępowaniu może prowadzić do degradacji żyzności gleb.

Tabela 13

Oddziaływanie różnych form nawozów organicznych i resztek poźniwnych na właściwości gleby (oddziaływanie: x – słabe; xx – średnie; xxx – duże)\*

Wyszczególnienie	Obornik	Słoma	Międzyplony		Motylkowate wieloletnie i mieszanki
			motylkowate	krzyżowe	
Rozluźnienie podglebia	-	-	x	-	xx
Poprawa struktury gleby	xx	x	x	x	xxx
Wzrost zawartości próchnicy	xx	xx	x	x	xxx
Wzrost zawartości N w glebie	xx	-	xx	-	xxx
Poprawa zasobności gleby w P, K, Ca, Mg i mikroelementy	xx	x	-	-	x
Zachwaszczenie:					
– zwiększa	x	x	x	x	(xx)**
– ogranicza	-	-	x	x	xx
Nasilenie chorób i szkodników:					
– zwiększa	-	x	-	-	(x)***
– ogranicza	x	-	xx	xx	x

\* Źródło: Kahnt, 1981 (5)

\*\* dotyczy chwastów wieloletnich

\*\*\* dotyczy specyficznych chorób i szkodników tej grupy roślin

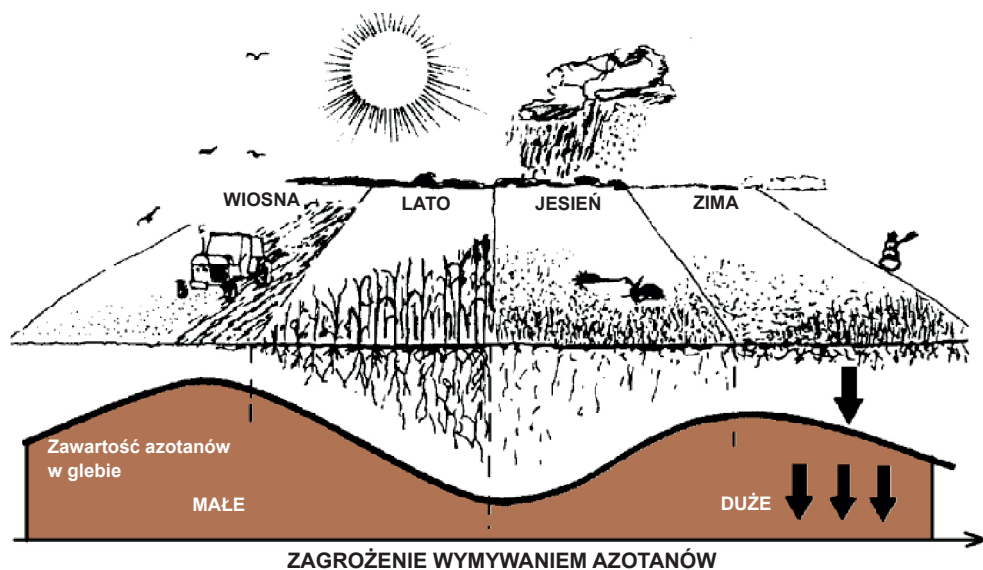
## **Płodozmian jako element ochrony środowiska przyrodniczego**

Płodozmian we współczesnym rolnictwie powinien również zapewniać możliwie ciągłe utrzymanie gleby pod okrywami roślinnymi, co ogranicza wymywanie azotanów i nasilenie erozji wodnej i wietrznej, a także poprawia strukturę i biologiczną aktywność gleby.

Azot mineralny w glebie występuje w dwóch formach: jonu azotanowego i jonu amonowego. Forma azotanowa nie jest sorbowana przez glebę i przemieszcza się w głąb profilu glebowego z przesiąkającą wodą opadową. W ciągu roku występują dwa okresy zwiększonej zawartości azotu mineralnego w glebie (rys. 1). Pierwszy wiosną (kwiecień–maj), wówczas w warunkach optymalnej wilgotności i temperatury intensywnie przebiega proces mineralizacji związków organicznych zawartych w glebie oraz stosuje się nawozy mineralne. W tym okresie zagrożenie wymywaniem azotanów jest jednak znikome, gdyż rozwijające się rośliny intensywnie pobierają ten składnik, a ewapotranspiracja jest na tyle duża, że nawet w okresach z dużymi opadami deszczu tylko sporadycznie występuje przesiąkanie wody poza zasięg systemu korzeniowego. Drugi okres zwiększonej koncentracji azotu mineralnego w glebie występuje jesienią (wrzesień–listopad). Wówczas uwalnia się azot z nawozów naturalnych i mineralnych niewykorzystanych przez przedplon oraz mineralizacji ulegają resztki poźniwne. W naszych warunkach okres od zbioru rośliny przedplonowej do wysiewu rośliny następczej w plonie głównym wynosi od 3–5 tygodni (zboża – rzepak oz.) do 7–9 miesięcy (zboża – zboża jare lub kukurydza). Na polach przeznaczonych pod rośliny jare, a pozbawionych okrywy roślinnej (ponad 50% ogółu gruntów ornych) azotany w zdecydowanej części mogą ulegać przemieszczeniu do wód gruntowych wraz z wsiąkającą wodą opadową. Szacuje się, że ok. 2/3 strat azotu powodowanego przez wymywanie przypada na okres przerwy w wegetacji roślin: późna jesień, zima i wczesna wiosna.

Strategia ograniczania strat składników nawozowych w tym okresie polega głównie na ciągłym utrzymywaniu gleby pod okrywami roślinnymi, co zapewnia zwiększenie udziału ozimin w strukturze zasiewów (zboża ozime i rzepak) oraz uprawa międzyplonów w ogniwach zmianowania: zboża – rośliny jare.

Zboża ozime tylko wówczas skutecznie ograniczają wymywanie azotanów, jeżeli są wysiane w optymalnym terminie i zdążą jesienią wytworzyć odpowiednią biomasę i rozbudowany system korzeniowy.



Rys. 1. Zawartość azotu mineralnego w glebie i zagrożenie jego wmywaniem w ciągu roku  
Źródło: opracowanie własne

Międzyplony (poplony, śródplony) to rośliny uprawiane pomiędzy dwoma zasiewami w plonie głównym. We wcześniejszym okresie celem ich uprawy było pozyskanie dodatkowej paszy, zaś obecnie spełniają one głównie funkcje prośrodowiskowe. Podstawowe ich zadania to:

- ograniczanie wmywania składników nawozowych, a głównie azotanów, z gleby do wód gruntowych i powierzchniowych w okresie jesienno-zimowym, co następuje dzięki ich pobieraniu i wbudowywaniu w tkanki rośliny poplonej oraz udostępnianiu tych składników roślinie następczej wskutek szybkiej mineralizacji biomasy międzyplonów;
- ograniczanie nasilenia erozji wodnej i wietrznej poprzez mulczowanie powierzchni gleby biomasą międzyplonu w okresie zimy, ułatwia to wsiąkanie wód opadowych w głąb profilu glebowego, co ogranicza nasilenie erozji wodnej oraz chroni powierzchnię gleby przed erozją wietrzną;
- poprawa struktury gleby oraz bilansu glebowej materii organicznej poprzez wyprodukowanie dodatkowej biomasy pozostającej na polu;
- zwiększanie biologicznej aktywności gleby, co w konsekwencji ogranicza nasilenie niektórych chorób i szkodników;
- biologiczne zwalczanie mątwika burakowego poprzez uprawę mątwikoodpornych odmian gorczycy białej lub rzodkwi oleistej;
- zwiększanie bioróżnorodności zespołów roślinnych.

Dodatkowo rośliny bobowate wysiewane w międzyplonach wzbogacają glebę w azot, a inne gatunki (rośliny należące do rodziny krzyżowych oraz żyto ozime)

wykazują oddziaływania allelopatyczne, co może ograniczać wschody i początkowy wzrost niektórych gatunków chwastów.

W praktyce mogą być uprawiane: wsiewki międzyplonowe, międzyplony ścierńskowe oraz międzyplony ozime. We wszystkich formach międzyplonów powinny być wysiewane mieszanki złożone przynajmniej z 2–3 gatunków roślin. Warunkiem uzyskania oczekiwanych efektów proekologicznych uprawy międzyplonów jest zapewnienie warunków do uzyskania możliwie dużego plonu oraz pozostawienie ich biomasy na okres zimy na powierzchni pola w formie mulczu.

**Na polach obsianych międzyplonami objętymi wsparciem w ramach PROW 2014–2020 nie można wykonywać zabiegów** uprawowych przed dniem 15 lutego.

Nawożenie słomą ogranicza także zagrożenie wymywaniem azotanów. Słoma zbożowa z uwagi na małą zawartość azotu (szeroki stosunek C:N, ok. 80:1) stanowi przede wszystkim źródło węgla dla mikroflory glebowej, natomiast azot czerpie z zasobów glebowych, co ogranicza jego wymywanie. W szczegółowych badaniach wykazano, że po przyoraniu słomy i resztek poźniwnych pszenicy w okresie od września do marca ulegało związaniu (immobilizacji) ok. 40 kg·ha<sup>-1</sup> azotu.

### **Płodozmian a realizacja wymogów Wspólnej Polityki Rolnej UE**

Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1307/2013 z 13.12.2013 r. jednym z nowych komponentów płatności bezpośrednich jest zazielenienie – **greening** (8). Jest to płatność za praktyki rolnicze korzystne dla klimatu i środowiska, która obejmuje:

- a) dywersyfikację upraw (uprawa co najmniej określonej liczby gatunków – upraw);
- b) utrzymanie trwałych użytków zielonych;
- c) utrzymanie obszarów proekologicznych (Ecological Focus Area, EFA).

Dywersyfikacja (zróżnicowanie) upraw ma eliminować jednostronne użytkowanie gruntów ornych i sprzyjać wzrostowi różnorodności biologicznej. Wymogi dotyczące dywersyfikacji upraw uzależniono od powierzchni gruntów ornych (GO) w gospodarstwie:

- 1) do 10 ha GO – gospodarstwo jest zwolnione z tego wymogu;
- 2) 10–30 ha GO – co najmniej 2 uprawy, a uprawa główna nie może zajmować więcej niż 75% GO;
- 3) powyżej 30 ha GO – minimum 3 uprawy, a główna nie zajmuje więcej niż 75% GO, zaś 2 uprawy główne nie więcej niż 95% GO.

W ramach dywersyfikacji za oddzielną uprawę uznaje się każdy rodzaj w klasyfikacji botanicznej roślin, np. pszenica, jęczmień, pszenżyto itp., a dodatkowo formy ozime i jare są również traktowane jako oddzielne uprawy. Podobnie jest z gatunkami z rodziny krzyżowych, psiankowatych itp.

Z powyższych informacji wynika, że respektowanie wymogów dywersyfikacji upraw nie stwarza większych problemów w gospodarce płodozmianowej. Należy również podkreślić, że gospodarstwa realizujące niektóre inne działania PROW są zwolnione z obowiązku dywersyfikacji upraw, gdyż realizują praktyki rolnicze o większych wymaganiach i znaczeniu środowiskowym, np. rolnictwo ekologiczne, rolnictwo zrównoważone itp.

Do utrzymywania obszarów proekologicznych (EFA) zobowiązane są gospodarstwa posiadające powyżej 15 ha gruntów ornych. Obecnie obszary zaliczane do EFA powinny zajmować nie mniej niż 5% powierzchni, a w późniejszym okresie przewiduje się zwiększenie ich udziału do 7% ogółu gruntów ornych. Do obszarów EFA zalicza się: naturalne elementy krajobrazu (żywopłoty, pasy zadrzewień, rowy, wody powierzchniowe itp.), strefy buforowe, zagajniki o krótkiej rotacji, grunty ugorowane oraz zalesione w ramach PROW. Do obszarów proekologicznych (EFA) można zaliczyć również międzyplony (zasiew złożony przynajmniej z dwóch gatunków roślin), a także uprawy roślin wiążących azot (bobowate). Wszystkie wymienione elementy przelicza się na powierzchnię zaliczaną do EFA wykorzystując odpowiednie współczynniki – ważenia i konwersji (8). Dla międzyplonów współczynnik ten wynosi 0,3, zaś dla roślin bobowatych 0,7.

### Podsumowanie

Płodozmian we współczesnym rolnictwie jest elementem agrotechniki, który ogranicza nasilenie występowania agrofagów i stwarza warunki do uzyskania stabilnych w latach i stosunkowo dużych plonów w warunkach ograniczonego zużycia przemysłowych środków produkcji (nawozy i chemiczne środki ochrony roślin). Jednak w warunkach postępującej specjalizacji gospodarstw, dużego postępu biologicznego i technicznego oraz zmniejszającego się zapotrzebowanie na niektóre grupy ziemiopłodów (ziemniak, burak cukrowy, niektóre gatunki roślin pastewnych itp.) na stosowany w praktyce płodozmian mniejszy wpływ wywierają czynniki przyrodnicze, a dominujące stają się znaczenie uwarunkowań ekonomicznych.

Ważnym elementem oceny poprawności gospodarki płodozmianowej gospodarstwa jest utrzymanie zrównoważonego bilansu glebowej materii organicznej. Utrzymywanie jej ujemnego bilansu w dłuższym okresie prowadzi do spadku żyzności gleby i zwiększenia emisji CO<sub>2</sub> z gleby. W naszych warunkach jest to szczególnie niebezpieczne, gdyż w Polsce dominują gleby o niskiej lub bardzo niskiej zawartości próchnicy. Utrzymywanie zbyt wysokiego dodatniego bilansu glebowej materii organicznej, co może występować w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji zwierzęcej, jest również niekorzystne. W takiej sytuacji występuje zbyt duża mineralizacja materii organicznej w okresie jesienno-zimowym, co stwarza niebezpieczeństwo wymywania biogenów, głównie azotu i fosforu, do wód gruntowych i powierzchniowych.

W gospodarstwach stosujących uproszczone (specjalistyczne) płodozmiany wskazana jest uprawa międzyplonów, które obok całego kompleksu oddziaływań prośrodowiskowych mogą być zaliczane do obszarów proekologicznych (Ecological Focus Area – EFA) ze współczynnikiem konwersji 0,3.

Reasumując, należy stwierdzić, że na lepszych glebach oraz przy wyższym poziomie agrotechniki (pełne nawożenie organiczne i mineralne, odpowiedni dobór odmian, chemiczna ochrona roślin przed chwastami, chorobami i szkodnikami) obniżki plonów wszystkich gatunków roślin spowodowane złym przedplonem są mniejsze niż na słabszych glebach i w warunkach gorszej agrotechniki.

### Literatura

1. Charakterystyka gospodarstw rolnych, GUS Warszawa, 2012,
2. Rocznik statystyczny rolnictwa. GUS Warszawa, 2014.
3. Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2014 r., GUS Warszawa, 2015.
4. Humusbilanzierung, VDLUFA-Standpunkt, 2014.
5. K a h n t G.: Grundungung, DLG-Verlag, Frankfurt (Main), 1981.
6. K o z a k i e w i c z J.: Zboża – organizacja i technologia produkcji. PWRiL Warszawa 1971.
7. K u ś J.: Aktualny pogląd na zmianowanie roślin. Służba Rolna, 1987, 3: 13-17.
8. MRiRW: Projekt systemu płatności bezpośrednich w Polsce w latach 2015–2020. Warszawa 2014.

---

Adres do korespondencji

*prof. dr hab. Jan Kuś*  
*Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel. 81 47 86 806*  
e-mail: [jankus@iung.pulawy.pl](mailto:jankus@iung.pulawy.pl)

