

Janusz Smagacz

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

KONSEKWENCJE ORGANIZACYJNE I ŚRODOWISKOWE
RÓŻNYCH SYSTEMÓW UPRAWY ROLI*

Słowa kluczowe: systemy uprawy roli, środowisko przyrodnicze, organizacja produkcji

Wstęp

Rozwój i intensyfikacja rolnictwa, w tym polowej produkcji roślinnej, wiąże się ze wzrostem zużycia przemysłowych środków produkcji i zmianami organizacyjnymi w regionach i gospodarstwach. Elementy agrotechniki takie jak uprawa roli, nawożenie, ochrona roślin w klasycznej postaci są materiało-, energo- i czasochłonne. Często też, pomimo swych walorów plonotwórczych i plonochronnych, silnie oddziałują na środowisko przyrodnicze. Zatem zadaniem współczesnych systemów uprawy roli i roślin jest nie tylko produkcja żywności wysokiej jakości, ale również dbałość o zachowanie walorów środowiskowych agroekosystemów oraz krajobrazu rolniczego. Dodatkowo z uwagi na narastający w ostatnich latach w skali światowej deficyt energii oraz systematyczny wzrost cen podstawowych jej nośników, praktyka rolnicza ciągle poszukuje różnych sposobów modyfikacji w uprawie roli i roślin oraz ograniczania nakładów. Istotnym jest tu również zwiększenie efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji rolniczej.

W ostatnich latach w krajach UE w ramach rozwoju rolnictwa zrównoważonego, które zakłada wzrost produkcji w warunkach racjonalnego wykorzystania zasobów środowiska przyrodniczego, promuje się w coraz większym stopniu różne techniki bezpługowej uprawy roli, często określane mianem uprawy zachowawczej lub konserwującej (6). Taki sposób uprawy ogranicza w znacznym stopniu nadmierną mineralizację glebowej materii organicznej, erozję i zagęszczenie gleby, wymywanie składników pokarmowych do cieków wodnych i w głąb profilu glebowego (34, 35).

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Uprawa konserwująca (ang. *conservation tillage*) jest elementem technologii produkcji, której głównym celem jest zachowanie naturalnych zasobów środowiska przy równoczesnym osiągnięciu dużych plonów. Uprawa ta bazuje na wspieraniu naturalnych procesów biologicznych w glebie. Wszelkiego rodzaju zabiegi uprawowe są zredukowane do niezbędnego minimum. Uprawę konserwującą, według F r i e d r i c h a i i n . (7), określają trzy podstawowe cechy :

- ograniczona ilość i intensywność zabiegów uprawowych,
- całoroczne przykrycie powierzchni gleby mulczem z resztek poźniowych lub roślin okrywowych (międzyplonów),
- zmianowanie umożliwiające uprawę międzyplonów.

Podstawową zaletą uprawy konserwującej jest nieodwracanie wierzchniej warstwy gleby, co w praktyce przekłada się na eliminowanie orki pługiem. W takiej sytuacji, w zależności od intensywności i głębokości uprawy, pozostaje co najmniej 30% powierzchni gleby pokrytej przez resztki pozbiiorowe rośliny przedplonowej lub międzyplonu (17). Ekstremalnym rodzajem uprawy konserwującej jest siew bezpośredni, przy którym uprawa roli ogranicza się do spulchnienia bruzdki siewnej. W trakcie siewu następuje wysianie nasion na dno rowka siewnego w nieuprawnioną rolę (28).

Europejskie Stowarzyszenie Rolnictwa Konserwującego (ECAAF) określa uprawę konserwującą jako sposób gospodarowania glebą minimalizujący zaburzenia w jej strukturze i bioróżnorodności, a także ograniczający erozję i degradację gleby oraz straty wody. Obecnie, ze względu na duże koszty tradycyjnej uprawy płużnej, stosuje się w coraz większym zakresie różne systemy uprawy bezorkowej, które wpływają korzystnie na środowisko glebowe. Taki system przygotowania pola pod zasiew zdecydowanie ogranicza erozję wodną i wietrzną, stymuluje różnorodność biologiczną gleby, stabilizuje agregaty glebowe oraz podwyższa zawartość substancji organicznej i makroelementów w powierzchniowej warstwie gleby (34, 36). Dodatkowo, dzięki znacznemu postępowi w technice rolniczej (dostępność nowoczesnych maszyn i narzędzi umożliwiających poprawne przygotowanie pola pod zasiew oraz precyzyjne umieszczenie nasion w glebie), zmniejsza się wpływ uprawy roli na plonowanie roślin (18, 19, 21, 22). Wyniki badań własnych oraz innych autorów wskazują jednoznacznie na duże możliwości stosowania uproszczeń uprawowych, praktycznie pod każdą ważniejszą z gospodarczego punktu widzenia roślinę uprawną, w tym pszenicę, kukurydzę, burak cukrowy i rzepak (6, 31, 35).

W Polsce, jak dotychczas, dominuje uprawa płużna, natomiast pozostałe sposoby uprawy roli są stosowane na 9% powierzchni pod zasiewami (tab. 1).

Tabela 1

Sposoby uprawy roli w Polsce

Sposoby uprawy roli	Gospodarstwa rolne		Powierzchnia uprawy	
	liczba (tys.)	%	tys. ha	%
Orka pługiem	1255,1	88,2	8861,9	91,1
Uprawa konserwująca	129,7	9,1	466,0	4,8
Siew bezpośredni	38,6	2,7	402,9	4,1
Razem	1423,4	100	9730,8	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, 2012 (9)

Dane szacunkowe wskazują, że na świecie uprawa konserwująca stosowana jest na powierzchni ponad 117 milionów hektarów (4). W krajach Unii Europejskiej uprawa bezorkowa jest w największym stopniu praktykowana na obszarze Francji, Niemiec, Hiszpanii i Anglii, jednak nie są to znaczące powierzchnie (tab. 2). Jednocześnie w niektórych krajach Ameryki Południowej uprawa konserwująca obejmuje blisko połowę obsiewanych gruntów, zaś w Ameryce Północnej jest to areal wynoszący prawie 40 mln ha (tab. 3). Wydaje się, że taki sposób przygotowania pola pod zasiew powinien być w większym stopniu upowszechniony, zarówno na obszarze Polski, jak i w całej Europie. Przedstawione fakty sugerują zatem potrzebę ciągłego zmniejszenia ilości i intensywności wykonywanych zabiegów uprawowych, a nawet całkowitego ich wyeliminowania. Upraszczając uprawę można bowiem poprawić stabilność struktury gleby, zwiększyć infiltrację wody i usprawnić jej przewietrzanie przez wytworzenie stabilnego układu dużych porów. Proponowane zmiany w systemie uprawy roli mogą w znacznym stopniu ograniczyć erozję wodną i wietrzną, zwiększać zawartość próchnicy i zmniejszyć koszty prac polowych (31, 35).

Tabela 2

Powierzchnia uprawy konserwującej i zerowej w Europie (wg ECAF)

Kraj	Uprawa konserwująca		Uprawa zerowa	
	tys. ha	%	tys. ha	%
Francja	3 000	17	150	0,3
Niemcy	2 375	20	354	3,0
Hiszpania	2 000	14	300	2,0
Anglia	1 440	30	24	1,0
Włochy	560	6	80	1,0
Węgry	500	10	8	0,1
Dania	230	8	-	-
Słowacja	140	10	10	1,0
Belgia	140	10	-	-
Szwajcaria	120	40	9	3,0
Portugalia	39	1	25	0,8
Irlandia	10	4	0,1	0,3
Razem	10 554	x	960,1	x

Źródło: Dzienia i in., 2006 (6)

Tabela 3

Powierzchnia uprawy zachowawczej według kontynentów

Kontynent	Powierzchnia (mln ha)	Udział (%)
Ameryka Południowa	55 630	47,6
Ameryka Północna	39 981	34,1
Australia i Nowa Zelandia	17 162	14,7
Azja	2 630	2,2
Europa	1 150	1,0
Afryka	368	0,3
Świat - razem	116 921	100

Źródło: Derpsch i Friedrich, 2010 (4)

Intensywna produkcja roślinna z zastosowaniem wysokiego poziomu nawożenia mineralnego i dużej liczby chemicznych zabiegów ochrony roślin oraz stosowanie ciężkich zestawów uprawo-siewnych dodatkowo modyfikują funkcje i zadania uprawy roli. Aktualnie znaczenie uprawy roli jako zabiegu udostępniającego składniki pokarmowe roślinom oraz odpowiedzialnego za ograniczenie zachwaszczenia nie jest jedynym priorytetem, a większą uwagę zwraca się przede wszystkim na ochronę środowiska przyrodniczego.

Istotną przesłanką skłaniającą do wprowadzania modyfikacji w uprawie roli jest również wykonywanie zabiegów przedsięwziętych za jednym przejazdem agregatu. Zabieg ten umożliwia uprawę roślin o większej wartości gospodarczej w ogniwach zmianowania, w których okres między zbiorem przedplonu a terminem siewu rośliny następczej jest zbyt krótki. Wówczas przy stosowaniu tradycyjnego systemu uprawy istnieje problem dotrzymania optymalnych terminów agrotechnicznych, głównie siewu roślin.

Zmiany w doborze maszyn i narzędzi uprawowych

W Polsce w ostatnich latach znacznie wzrosło zainteresowanie uproszczeniami w uprawie roli. Uproszczenia te dotyczą zarówno późniwej, jak i podstawowej uprawy roli. W uprawie późniwej obecnie na ogół nie stosuje się pługów podorywkowych. Powszechnie uważa się, że funkcje i zadania uprawy późniwej lepiej spełniają agregaty złożone z kultywatorów o sztywnych łapach (tzw. grubery) i wałów strunowych lub sekcji brony talerzowej. Do zasadniczych zalet pracy tych agregatów należy:

- lepsze wymieszanie z glebą ścierni i słomy (pług układa je warstwowo) oraz to, że w przypadku agregatów pewna część resztek pozbiorowych pozostaje na powierzchni gleby w formie mulczu, co sprzyja m.in. zmniejszeniu nasilenia erozji,

- mniejsze zużycie paliwa o 30-50% i większa wydajność pracy,
- mniejszy koszt zastosowania tego narzędzia w porównaniu z pługiem,
- przygotowanie pola do wysiewu międzyplonów w jednym przejściu roboczym.

Rezygnacja z uprawy późniejszej doprowadza często do przesuszenia gleby, co przyczynia się do zwiększenia nakładów na orkę „razówkę” i przedświeczne doprawienie roli; prowadzi niemal każdorazowo do wzrostu zachwaszczenia, gorszych wschodów rośliny uprawnej, a w konsekwencji do spadku jej plonów (18).

W przypadku podstawowej uprawy roli rolnictwo dysponuje obecnie szeroką gamą maszyn i narzędzi służących przygotowaniu roli do siewu, w związku z tym uproszczenia mogą tu być znaczące. W gospodarstwach dużych, lepiej wyposażonych w sprzęt, wprowadza się tzw. bezorkowe systemy uprawy roli. Mogą to być np. zestawy uprawowo-siewne, które po uprzedniej uprawie późniejszej umożliwiają wykonanie w jednym przejściu roboczym uprawy podstawowej i siewu. Innym rozwiązaniem może być też wykorzystanie zestawu uprawowo-siewnego umożliwiającego wysiew nasion oraz wykonanie uprawy podstawowej. W tym przypadku najpierw wysiewane są nasiona siewnikami pneumatycznymi na niespulchnionej roli i dopiero potem są przykrywane glebą opadającą z płytko pracującej glebogryzarki lub grubera. W obu tych przypadkach na powierzchni gleby pozostaje znaczna ilość resztek późniejszych, co korzystnie wpływa na jej stan (18).

Skrajnym sposobem uproszczeń jest uprawa zerowa, czyli siew bezpośredni w glebę nieuprawioną. Ta technika siewu budzi również znaczne zainteresowanie praktyki rolniczej. Najczęściej przed przystąpieniem do siewu konieczne jest zastosowanie odpowiedniego herbicydu zawierającego w swoim składzie glifosat, niszczącego samosiewy rośliny przedplonowej i chwasty. Poza tym ważnym elementem tej techniki siewu jest pozostawienie na powierzchni pola resztek pozbiornych roślin przedplonowej jako mulczu. Słoma powinna być dobrze rozdrobiona na odcinki długości około 7-8 cm, a nierównomierność pokrycia powierzchni pola pociętą na siewkę słomą nie powinny przekraczać 30%. Zalecana wysokość ścierni po skoszeniu zboża powinna wynosić do 20 cm. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że siewy bezpośrednie powinny być preferowane:

- na terenach silnie erodowanych (erozja wodna i wietrzna),
- we wstępnym zagospodarowaniu pól odłogowanych,
- w gospodarstwach nastawionych na maksymalizację wydajności pracy,
- w tych ogniwach zmianowania, w których okres od zbioru przedplonu do wysiewu rośliny następczej jest zbyt krótki.

Rodzaj siewnika stosowanego w warunkach uprawy bezpługowej powinien być uzależniony od zaplanowanego zmianowania roślin, zwięzłości i gęstości górnych warstw gleby. Siewniki stosowane w systemie uprawy bezpługowej lub w siewie bezpośrednim są cięższe w porównaniu do zwykłych siewników w celu prawidłowego zagłębienia redlic wysiewających. Maszyny te mają zdolność pocięcia słomy, łądy lub mulczu i są dostosowane do określonej głębokości wysiewu nasion pomimo grubej warstwy mulczu zalegającej na powierzchni gleby (34).

Obecnie stosowane siewniki do siewu bezpośredniego lub uprawy bezpłужnej wyposażone są w następujące części składowe (34):

- urządzenia do usuwania pozostałości poźniwnych z obszaru wysiewu nasion,
- dysze lub redlice w celu umieszczania nawozu w formie płynnej lub stałej w obrębie wysiewanych nasion,
- kroje talerzowe o różnej amplitudzie pofałdowań, spulchniające bruzdkę siewną i przycinające resztki poźniwne,
- urządzenia dozujące ilość wysiewanych nasion,
- redlice wysiewające zębate i talerzowe w postaci jednego lub dwu skośnie ustawionych talerzy do kierunku jazdy lub w kształcie łap grubera,
- przyrząd dociskający nasiona do dna rowka siewnego,
- aplikator środka chemicznego chwasto- lub owadobójczego ponad bruzdką siewną,
- koła zagarniające, mające za cel przykrycie wysianych nasion warstwą gleby.

Zasadniczo istnieją dwa kierunki postępowania, które wywierają wpływ na rozwój techniki siewu bezpośredniego (7):

- maksymalne spulchnienie gleby w obrębie bruzdy siewnej, której celem jest równoczesne zniszczenie kiełkujących chwastów,
- minimalne spulchnianie gleby w rowku siewnym; bruzda siewna zostaje całkowicie przykryta warstwą mulczu. Zaletą tej metody są minimalne straty wody podczas siewu. Następuje również mniejsze zużycie paliwa i minimalne spulchnienie gleby, w małym stopniu stymulujące nasiona chwastów do kiełkowania.

Technologie uprawy roślin z wykorzystaniem siewu bezpośredniego są coraz powszechniej stosowane w rolnictwie europejskim przy uprawie rzepaku, kukurydzy lub buraka cukrowego. Ten rodzaj siewu wymaga jednak odpowiedniego przystosowania siewników, m.in. wyposażenia w redlice tarczowe z dociskiem, umożliwiające rozcięcie utwardzonej i często porośniętej (bądź pokrytej mulczem) wierzchniej warstwy gleby oraz prawidłowe umieszczenie nasion w glebie. Docisk każdej z redlic przy siewie w mulcz powinien wynosić w granicach 0,2-0,8 kN, a przy siewie bezpośrednim nawet do 4,0 kN. Przemysł krajowy takich siewników nie produkuje, oferowane są natomiast siewniki importowane, charakteryzujące się dużą masą jednostkową, wynoszącą około 1t na 1m szerokości roboczej (21).

Osobną grupę stanowią siewniki punktowe, stosowane do siewu kukurydzy i buraków. Pod względem sposobu przenoszenia nasion ze zbiornika do redlic, na rynku oferowane są siewniki mechaniczne i pneumatyczne, z systemem podciśnieniowym oraz nadciśnieniowym. Stosowanie nasion otoczkowanych sprawia, że dokładność ich wysiewu siewnikami mechanicznymi jest równie dobra jak pneumatycznymi. Poza tym siewniki mechaniczne odznaczają się mniej skomplikowaną budową i mają niższą cenę. Również w technice siewu kukurydzy i buraków nasila się tendencja do równoległego wysiewu nasion i nawozu lub granulowanych pestycydów (21).

W agregatach uprawowo-siewnych stosuje się obecnie elementy siewne wyposażone w różne typy redlic wysiewających. Siewniki wyposażone w redlice

zębate spulchniają w większym stopniu górną warstwę gleby, natomiast siewniki z redlicami talerzowymi pozostawiają wąski rowek, na dnie którego umieszczane są nasiona. Znaczna penetracja roli przez redlice zębate przyczynia się do zwiększonego parowania wody z górnych warstw gleby niż w przypadku stosowania redlic talerzowych. Głęboko pracujące zębate redlice wysiewające wynoszą wilgotne warstwy gleby na powierzchnię, co w okresach posusznych umożliwia lepsze wschody roślin. W przypadku dobrego uwilgotnienia gleby, szczególnie wczesną wiosną, głębsze spulchnienie i wymieszanie gleby sprzyja szybszemu ogrzaniu wierzchniej warstwy roli, co warunkuje dynamiczne i wyrównane wschody roślin. Jednakże zbyt nie spulchnienie gleby może być powodem znacznych strat wody w początkowym okresie wzrostu roślin. Ostatnio w wielu opracowaniach zaleca się stosowanie redlicy krzyżowej, która umożliwia wglębny wysiew nawozów mineralnych, lecz nie w bezpośrednim sąsiedztwie nasion. Redlica ta ogranicza efekt zapychania rowka siewnego żdźbłami nierozciętej słomy (35).

Należy podkreślić, że nie ma w pełni uniwersalnych siewników stosowanych do siewu bezpośredniego lub w technice uprawy bezorkowej. Dobór odpowiedniej wersji siewnika powinien być uzależniony od przyjętego w gospodarstwie płodozmianu oraz warunków klimatyczno-glebowych na danym obszarze. W przypadku stosowania w zmianowaniu gatunków roślin o znacznym zróżnicowaniu wielkości nasion lub rozstawy rzędów, zakup siewnika uniwersalnego może przysporzyć wiele poważnych problemów (35).

Zmiany w produkcji roślinnej

W praktyce rolniczej ostatnich lat szczególny problem stanowi duży udział zbóż w strukturze zasiewów, gdyż tą grupą roślin obsiewa się (średnio w kraju) ponad 73% gruntów ornych. Mniejsze gospodarstwa zbożami obsiewają ponad 80% powierzchni GO (tab. 4). W gospodarstwach obszarowo największych (powyżej 100 ha) udział zbóż jest relatywnie mniejszy, natomiast zdecydowanie większy jest w nich udział roślin oleistych. Dodatkowo gospodarstwa największe, jednocześnie o małej obsadzie zwierząt, wyraźnie specjalizują się w produkcji roślinnej. W strukturze zasiewów tych gospodarstw średnio ponad 20% stanowią rośliny oleiste, natomiast spośród zbóż dominują, z oczywistych względów, gatunki towarowe: pszenica (około 44%) i kukurydza zbierana na ziarno z blisko 12% udziałem, przy jednoczesnym znikomym udziale zbóż typowo pastewnych, jak mieszanki zbożowe i owies (20). W największych gospodarstwach powstają duże możliwości wprowadzenia bezorkowych technik uprawy roli, a dodatkowo sprzyja temu uprawa roślin technologicznie podobnych – zboża (w tym kukurydza), rośliny oleiste i strączkowe. Małe gospodarstwa rolne (1-10 ha) cechują się natomiast ekstensywnym sposobem gospodarowania, z przeznaczeniem produkcji głównie na samozaopatrzenie. W tej sytuacji, zarówno wprowadzanie uproszczonych technik uprawy roli, jak również dobór uprawianych roślin, nie znajduje ekonomicznego uzasadnienia.

Tabela 4

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

Powierzchnia UR (ha)	Zboża	Oleiste	Ziemniak	Burak	Strączkowe	Kukurydza na zielonkę	Motylkowate pastewne	Obsada zwierząt (DJP·ha ⁻¹ 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
Razem	73,4	9,1	3,6	2,0	2,1	3,7	3,0	0,63

Źródło: Kuś, 2015 (20)

Oddziaływanie na środowisko

Istotnym kryterium oceny różnych sposobów uprawy roli jest określenie ich wpływu na środowisko glebowe, czyli na wybrane właściwości chemiczne, fizyczne i biologiczne gleby. Stosowanie różnych technik uprawy roli prowadzi zwykle do zmian zawartości i nierównomierności rozmieszczenia w glebie składników pokarmowych oraz ich dostępności dla roślin. System uprawy konserwującej (uprawa uproszczona, siew bezpośredni) już w pierwszych latach stosowania zwiększa kumulację makro- i mikroelementów w powierzchniowej warstwie gleby (12). Stwierdza się również znaczne nagromadzenie materii organicznej na powierzchni gleby, co sprzyja intensywnemu rozwojowi mikroorganizmów glebowych i fauny glebowej, np. dżdżownic, i może powodować przejściową immobilizację azotu. Jednak po rozłożeniu materii organicznej, w wyniku zwiększonej aktywności biologicznej gleby, azot przechodzi ponownie w formy dostępne dla roślin. Po kilku latach stosowania uprawy bezpługowej w powierzchniowej warstwie gleby ustala się ponownie równowaga pomiędzy zwiększoną zawartością węgla organicznego i formami mineralnymi azotu.

Niektóre wyniki badań wskazują, że system siewu bezpośredniego wpływa na obniżenie odczynu gleby, szczególnie w powierzchniowej jej warstwie (2, 36). Badania wykazały również, że uprawa płuzna może w ciągu 20 lat zmniejszyć zawartość substancji organicznej w glebie nawet o 50% (16). Tak duże straty substancji organicznej są spowodowane przyspieszoną jej mineralizacją w wyniku intensywnego mieszania gleby, a przede wszystkim zwiększoną erozją wietrzną i wodną w rejonach o dużym nasileniu tych procesów. Natomiast uprawa konserwująca przyczynia się do podwyższenia zawartości węgla organicznego oraz azotu w powierzchniowej warstwie gleby (3, 27). Zwiększa się również zawartość fos-

foru, potasu i magnezu. Współdziałanie temperatury, wody i powietrza glebowego zmienia nie tylko intensywność oddziaływania mikroflory glebowej, lecz również czas, w którym aktywność mikrobiologiczna jest największa. W związku z tym znaczna ilość azotu jest wiązana w formach organicznych, co obniża ilość azotanów wypłukiwanych do wód gruntowych i powierzchniowych. Przy dłuższej uprawie konserwującej nie należy jednak stosować wyższych dawek azotu, ponieważ w wyniku ustalenia nowej równowagi (zwiększona ilość C i N w górnych warstwach gleby) w środowisku glebowym następuje również zwiększona mineralizacja tego składnika.

Wieloletnie badania przeprowadzone przez różnych autorów (2, 5, 12) wskazują, że uprawa bezpłużna, tj. uprawa uproszczona i siew bezpośredni, zwiększa w powierzchniowej warstwie gleby zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego, przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w porównaniu do stwierdzonej w warunkach tradycyjnej, płużnej uprawy roli. Podobne zależności stwierdzono również w badaniach własnych w przypadku uprawy pszenicy po pszenicy (tab. 5-8).

Tabela 5

Zawartość próchnicy (%) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby; (GI* Rogów, średnia z lat 2010-2013)

Warstwa gleby (cm)	System uprawy roli			Średnia
	płużny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0-5	1,58	2,04	2,14	1,92
5-15	1,70	1,68	1,56	1,65
15-30	1,43	1,24	1,30	1,32
Średnia	1,57	1,65	1,67	1,63
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 0,13; warstwy gleby – 0,19				

*GI – gospodarstwo ndywidualne

Źródło: Smagacz, 2014 (32)

Tabela 6

Zawartość przyswajalnego fosforu (mg P·kg⁻¹ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów, średnia z lat 2010-2013)

Warstwa gleby (cm)	System uprawy roli			Średnia
	płużny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0-5	167	232	323	241
5-15	172	213	248	211
15-30	141	124	139	135
Średnia	160	190	237	196
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 32; warstwy gleby – 38				

Źródło: Smagacz, 2014 (32)

Tabela 7

Zawartość przyswajalnego potasu ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów, średnia z lat 2010-2013)

Warstwa gleby (cm)	System uprawy roli			Średnia
	pluźny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0-5	243	337	370	317
5-15	221	299	297	272
15-30	216	199	223	213
Średnia	227	278	297	267
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 46; warstwy gleby – 48				

Źródło: Smagacz, 2014 (32)

Tabela 8

Zawartość przyswajalnego magnezu ($\text{mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (GI Rogów, średnia z lat 2010-2013)

Warstwa gleby (cm)	System uprawy roli			Średnia
	pluźny	bezorkowy	siew bezpośredni	
0-5	74	79	69	74
5-15	76	73	61	70
15-30	79	74	74	76
Średnia	76	75	68	73
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – ni; warstwy gleby – ni				

Źródło: Smagacz, 2014 (32)

Stosując uprawę bezorkową (uprawa uproszczona, siew bezpośredni) unika się częstego spulchniania gleby, a jednocześnie zmniejsza się liczbę przejazdów maszyn i narzędzi uprawowych, co ma pozytywny wpływ na stan fizyczny gleby. Jednakże stosowanie siewu bezpośredniego prowadzi do wzrostu gęstości i zwięzłości gleby, szczególnie w wierzchnich jej warstwach i w pierwszych latach stosowania takiego sposobu uprawy (24, 26, 29).

Duży wpływ na właściwości fizyczne gleby ma dobór narzędzi uprawowych, głębokość ich pracy, częstotliwość wykonywania uprawek, rodzaj gleby oraz jej wilgotność w trakcie wykonywania zabiegu. Niekiedy liczba zabiegów uprawowych jest na tyle duża, że dochodzi do niszczenia struktury gleby i nadmiernego jej zagęszczenia.

Wyniki wieloletnich badań nad stosowaniem systemów bezorkowych wskazują również na możliwość poprawy właściwości fizycznych gleby (w porównaniu z występującymi w uprawie pluźnej) w rezultacie wzrostu zawartości glebowej materii organicznej (próchnicy), powstania trwałej struktury gruzełkowej oraz wzbogacenia życia biologicznego, zwłaszcza zwiększenia populacji dżdżownic (1,

10, 11, 27). W dłuższym okresie stosowania takiego sposobu uprawy zwiększa się retencja wodna, natomiast zmniejsza zlewność i skłonność gleby do zaskorupiania (12, 13, 27, 29). Podobne zależności zanotowano również w badaniach Małeckiej i in. (tab. 9).

Tabela 9

Wilgotność, gęstość objętościowa gleby oraz kapilarna pojemność wodna
w zależności od systemu uprawy roli (średnio 2010-2011)

System uprawy roli	Wilgotność gleby (% v/v)		Gęstość objętościowa (g·cm ⁻³)		Kapilarna pojemność wodna (%)	
	warstwa gleby (cm)					
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
Tradycyjny	15,3	17,9	1,46	1,66	37,6	30,2
Uproszczony	17,2	19,8	1,54	1,57	34,8	31,9
Siew bezpośredni	19,5	20,3	1,61	1,59	31,2	32,3
NIR _(0,05)	1,15	1,64	0,05	0,06	1,24	1,25

Źródło: Małeczka i in., 2012 (25)

Liczebność drobnoustrojów glebowych oraz aktywność enzymatyczna są czułymi wskaźnikami decydującymi o żyzności i urodzajności gleby. Jednym z ważniejszych wskaźników zmian zachodzących w glebie jest biomasa mikroorganizmów, która stanowi blisko 85% całkowitej biomasy wszystkich organizmów glebowych, a węgiel zawarty w tej biomacie stanowi 1-5% całkowitej zawartości węgla organicznego w glebie (14, 23). Oszacowano również, że około 90% CO₂ wydzielającego się z gleby jest pochodzenia drobnoustrojowego, co wskazuje na duże znaczenie mikroorganizmów w metabolizmie glebowym (8, 30). Biomasa mikroorganizmów, stanowiąca bardzo dynamiczną frakcję glebowej materii organicznej, uważana jest za czuły parametr jakości gleby oraz tempa przemian C i N w glebie (15, 33). Z tych powodów niektórzy autorzy (5) wskazują na możliwość wykorzystania ilości i jakości materii organicznej gleby oraz biomasy mikroorganizmów i ich aktywności (oddychanie, aktywność enzymów) jako wskaźników jakości i produktywności gleby. Z badań wynika jednoznacznie, że uprawa konserwująca (technika bezorkowa, siew bezpośredni) sprzyja wzrostowi żyzności gleby wyrażonej m.in. poprzez ogólną liczbę bakterii, promieniowców i grzybów oraz aktywność enzymatyczną (tab. 10 i 11).

Tabela 10

Liczebność mikroorganizmów glebowych w zależności od systemu uprawy roli (średnio 2010-2011)

System uprawy roli	Warstwa gleby (cm)	Ogólna liczba bakterii (szt.x10 ⁵ .g ⁻¹ s.m. gleby)	Grzyby (szt.x10 ⁴ .g ⁻¹ s.m. gleby)	Promieniowce (szt.x10 ⁵ .g ⁻¹ s.m. gleby)
Tradycyjny	0-10	12,7	6,24	17,3
Uproszczony		14,0	10,18	27,6
Siew bezpośredni		22,2	11,66	46,1
NIR _(0,05)		1,6	0,97	3,6
Tradycyjny	10-20	24,7	9,99	27,5
Uproszczony		11,7	5,98	12,2
Siew bezpośredni		16,3	6,04	20,5
NIR _(0,05)		1,6	0,78	2,2

Źródło: Małecka i in., 2012 (25), zmienione przez autora

Tabela 11

Aktywność enzymatyczna gleby w zależności od systemu uprawy roli (średnio 2010-2011)

System uprawy roli	Warstwa gleby (cm)	Fosfataza kwaśna (mmol PNP kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Dehydrogenaza (mmol TPF kg ⁻¹ .h ⁻¹)
Tradycyjny	0-10	0,68	0,03
Uproszczony		0,80	0,04
Siew bezpośredni		1,07	0,06
NIR _(0,05)		0,05	0,01
Tradycyjny	10-20	0,72	0,03
Uproszczony		0,57	0,03
Siew bezpośredni		0,60	0,07
NIR _(0,05)		0,04	0,02

Źródło: Małecka i in., 2012 (25)

Podsumowanie

W Polsce oraz Europie Środkowo-Wschodniej powszechnie stosowana jest klasyczna uprawa roli z użyciem pługa oraz oddzielnymi zabiegami doprawiającymi rolę. Mając na uwadze obniżenie kosztów produkcji roślinnej, głównie poprzez mniejsze zużycie paliwa oraz nakładów pracy ludzkiej, należy w najbliższych latach dążyć do zmniejszenia arealu uprawianego metodą klasyczną (płużną) przez wprowadzanie na większą skalę techniki uprawy bezorkowej. Takie możliwości występują

szczególnie w gospodarstwach wielkoobszarowych. Dodatkowo w ostatnim czasie, w ramach koncepcji zrównoważonego rozwoju rolnictwa, upowszechnia się tzw. konserwująca (zachowawcza) uprawa roli, której celem jest ochrona środowiska przyrodniczego, wzrost żyzności gleby oraz racjonalne zmniejszenie nakładów bez wyraźnego ujemnego wpływu na plonowanie roślin. Energooszczędne techniki uprawy roli doskonale wpisują się w tę tematykę.

W związku z powyższym istnieje pilna potrzeba wdrożenia do szerokiej praktyki rolniczej uzyskanych dotychczas wyników badań naukowych oraz prac badawczo-rozwojowych nad produkcyjno-ekonomicznymi, organizacyjnymi oraz środowiskowymi konsekwencjami uproszczeń w uprawie roli. Proponowane rozwiązania charakteryzują się bowiem wieloma zaletami. Ograniczenie ilości, głębokości i intensywności wykonywania zabiegów uprawowych może prowadzić do eliminowania procesów degradacji gleby, sprzyjać nagromadzeniu się próchnicy i poprawiać jej biologiczną aktywność. Pozostawienie resztek poźniwnych na powierzchni gleby może przyczynić się do zmniejszenia spływów powierzchniowych, zwiększenia retencji wodnej gleby, a tym samym zmniejszenia ilości wody dopływającej do rzek (zmniejszenie zagrożenia powodziowego). Poza tym zmniejszenie intensywności uprawy roli powoduje spowolnienie rozkładu materii organicznej oraz zmniejszenie wydzielania CO₂ do atmosfery.

Należy również zaznaczyć, że gospodarstwa rolne bazujące na posiadanym aktualnie sprzęcie nie mogą wprowadzać drastycznych zmian w poźniwnym i przedsejnym przygotowaniu pola pod zasiew, ponieważ mogą one prowadzić do znacznego wzrostu zachwaszczenia roślin uprawnych, głównie chwastami wieloletnimi. Wskazana jest tu także odpowiednia wiedza fachowa samych rolników, ponieważ wszelkie zaniedbania dotyczące stosowania uproszczeń w uprawie roli mogą prowadzić do dużej obniżki plonów i pogorszenia się ekonomicznej opłacalności produkcji. Dodatkowo znaczne rozdrobnienie gospodarstw w niektórych rejonach naszego kraju oraz zła kondycja finansowa wielu z nich ograniczają w znacznym stopniu możliwość zastosowania nowych rozwiązań w uprawie roli i roślin.

Można jednak sądzić, że w wyniku zastosowania na szerszą skalę optymalnych rozwiązań technologicznych w zakresie uprawy roli, szczególnie w dużych, specjalistycznych gospodarstwach towarowych, wyróżniających się na tle innych stosowaniem wszelkich innowacji, rolnictwo w Polsce może w znacznym stopniu przyczynić się do ochrony rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Literatura

1. Anken T., Weiskopf P., Zihlmann U., Forrer H., Jansa J., Perhacowa K.: Long-term tillage systems effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil Till. Res.*, 2004, **78**: 171-183.

2. Blecharczyk A., Małecka I., Sierpowski J.: Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizyko-chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 2007, **1**: 7-13.
3. Davidson E. A., Acernan I.L.: Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, 1993, **20**:161-193.
4. Derpsch R., Friedrich T.: Sustainable crop production intensification – the adoption of conservation agriculture worldwide. 16 ISCO Congress, 8-12 Nov. 2010., Santiago, Chile, www.rolf-derpsch/sustainablecropproduction.pdf.
5. Doran J.W., Jones A.J. (ed.). *Methods for assessing soil quality*. SSSA Special Publication, Madison, WI, USA, 1996, 49.
6. Dzieńka S., Zimny L., Weber R.: Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.*, 2006, **2**: 227–241.
7. Friedrich Th., Kienzle J., Epplein J., Basch G.: *Schonende Bodenbearbeitung*, Verlag DLG; *Konservierende Bodenbearbeitung*, 2008, 55-77.
8. Gajda A.M., Doran J.W., Kettler T.A., Wienhold B. J., Pikul J.L., Cambardella C.A.: Soil quality evaluations of alternative conventional management systems in the great plains. In: R. Lal, J. M. Kimble, R. F. Follett, B. A. Stewart (ed.). *Assessment methods for soil carbon*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL, 2001, 381-400.
9. GUS. *Charakterystyka gospodarstw rolnych. Powszechny Spis Rolny 2010*, Warszawa 2012.
10. Hernanz J., Lopez R., Navarrete L., Sanchez–Giron V.: Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil Till. Res.*, 2002, **66**: 129-141.
11. Holland J.: The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric. Ecosys. Environ.*, 2004, **103**: 1-25.
12. Jankowiak J., Małecka I.: Uproszczenia uprawowe w zrównoważonym rozwoju rolnictwa. W: *Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (6)*. IERiGZ-PIB Warszawa 2008, **102**: 87-113.
13. Jaskulski D., Jaskulska I., Janiak A., Boczkowski T.: Changes in some soil properties under the effect of diversified tillage for maize depending on the forecrop. *Acta Sci. Pol. Agric.*, 2015, **14(3)**: 61-71.
14. Jenkinson D.S., Ladd J.N.: Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: *Soil biochemistry*, E.A. Paul & J.N. Ladd (ed.). New York and Basel, Marcel Dekker Inc. 1981, **5**: 415-471.
15. Jenkinson D. S., Powelson D. S.: The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 1976, **8**: 209-213.
16. Kinsella J.: The effect of various tillage systems in soil compaction. *Farming for a better environment, a white paper*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, 1995: 15-17.
17. Köller K., Linke Ch.: *Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug*. Verlag DLG, 2001, 5-176.
18. Kuś J.: *Optymalizacja uprawy roli*. Materiały szkoleniowe 67/98, IUNG Puławy, 1998.
19. Kuś J.: *Uprawa roli w rolnictwie integrowanym*. W: *Integrowana produkcja roślinna*. red. Podleśny J. IUNG-PIB, Puławy, 2007: 135-146.
20. Kuś J.: Znaczenie płodozmianu we współczesnym rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, Puławy, 2012, **43(17)**: 65-87.
21. Lisowski A.: *Technika siewu*. http://www.dowagro.com/PublishedLiterature/dh_0044/0901b80380044034.pdf
22. Lisowski A.: *Maszyny do uprawy gleby*. http://www.dowagro.com/PublishedLiterature/dh_003b/0901b8038003bb2e.pdf
23. Lynch J.M., Panting L.M.: Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 1980, **12**: 29-33.
24. Małecka I., Blecharczyk A.: Wpływ systemów uprawy roli na plonowanie zbóż i właściwości gleby. *Prace Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 2002, **93**: 79-87.

25. Małecka I., Swędrzyńska D., Blecharczyk A., Dytman–Hagedorn M.: Wpływ systemów uprawy roli pod groch na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. *Fragm. Agron.*, 2012, **29(4)**: 106-116.
26. McVay K., Budde J., Fabrizzi K., Mikha M., Rice C., Schlegel A., Peterson D., Sweeney D., Thompson C.: Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 2006, **70**: 434-438.
27. Mestelan S., Smeck N., Durkalski J., Dick W.: Changes in soil profile properties as affected by 44 years of continuous no-tillage. Proc. 17th ISTRO Conf. Kiel, Germany, 28 August – 3 September 2006: 1135-1140.
28. Pablin J.: Postęp w uprawie i przedsięwzięciu przygotowaniu roli. *Pam. Puł.*, 2002, **130/II**: 531-539.
29. Radecki A., Opic J.: Metoda siewu bezpośredniego w świetle literatury krajowej i zagranicznej. *Rocz. Nauk Roln., Ser. A*, 1991, **109(2)**: 119-141.
30. Reichle D.E.: The role of soil invertebrates in nutrient cycling. In: *Soil Organisms Components of Ecosystems*, U. Lohm & Persson T. (ed.). Ecological Bulletin, Stockholm, 1977, 145-56.
31. Smagacz J.: Produkcyjno-ekonomiczne i środowiskowe skutki różnych systemów uprawy roli. *Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy*, 2012, **29(3)**: 121-134.
32. Smagacz J.: Badanie materiału glebowego pod kątem chemicznych właściwości gleby. W: *Opracowanie systemu uprawy gleby dla rolnictwa zrównoważonego. Raport z projektu WND POIG 03.03.01-00-042/09, IUNG-PIB Puławy*, 2014.
33. Smith J. L., Paul E. A.: The significance of soil microbial biomass estimations. In: J. Bollag & G. Stotzky (ed.). *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, New York, 1990, **6**: 357-396.
34. Weber R.: Wpływ uprawy zachowawczej na ochronę środowiska. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **1**: 57-67.
35. Weber R.: Przydatność uprawy konserwującej w rolnictwie zrównoważonym. *Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy*, 2010, **25**, ss. 72.
36. Wróbel S., Nowak – Winarska K.: Dostępność składników pokarmowych dla roślin w warunkach uproszczeń w uprawie roli. *Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy*, 2007, **8**: 177-192.

Adres do korespondencji:

*dr hab. Janusz Smagacz, prof. nadzw.
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel.: 81 47 86 804
e-mail: smagacz@iung.pulawy.pl*

