

Janusz Smagacz

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

ZNACZENIE KONSERWUJĄCEJ UPRAWY ROLI W KSZTAŁTOWANIU ŻYZNOŚCI GLEBY*

Słowa kluczowe: środowisko przyrodnicze, konserwująca uprawa roli, próchnica, woda w glebie, chemiczne właściwości gleby

Wstęp

W ostatnich latach problem zachowania żyzności i urodzajności gleb nabiera szczególnego znaczenia. Ochrona gleb przed degradacją została uwzględniona w wielu dokumentach i deklaracjach, w tym w deklaracji przyjętej na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 r., Tematycznej Strategii Ochrony Gleb UE z 2003 r. i Strategii Zrównoważonego Rozwoju obowiązującej w Polsce od 2001 r. (5). Głównymi zagrożeniami dla żyzności gleb w Polsce są: wyraźny spadek zawartości materii organicznej, erozja wodna i wietrzna, spadek bioróżnorodności oraz zanieczyszczenia ze źródeł lokalnych i rozproszonych.

Podstawowym wskaźnikiem żyzności gleby jest zawartość próchnicy, która stabilizuje jej strukturę, zmniejsza podatność gleby na zagęszczenie oraz erozję, sprzyja gromadzeniu wody łatwo dostępnej dla roślin. Z mineralizacją glebowej materii organicznej wiąże się również zwiększona emisja CO₂ do atmosfery, co nasila efekt cieplarniany. Czynniki te powodują, że zawartość próchnicy w glebach jest powszechnie traktowana jako ważny wskaźnik poprawności gospodarowania w rolnictwie (10).

Spadek zawartości glebowej materii organicznej związany jest z takimi działaniami, jak:

- uproszczanie zmianowań;
- zaniechanie uprawy roślin wieloletnich (traw lub ich mieszanek z roślinami bobowatymi drobnonasiennymi pozostawiającymi dużą ilość biomasy w formie resztek roślinnych);

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2. pt. „Kształtowanie retencji gleb jako elementu przeciwdziałania suszy rolniczej i racjonalnej gospodarki wodnej z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2023 r.

- zaniechanie uprawy międzyplonów z przeznaczeniem na zielony nawóz;
- brak stosowania nawozów naturalnych w gospodarstwach bezinwentarzowych;
- zmiana stosunków wodnych gleb spowodowana odwodnieniami melioracyjnymi;
- technika uprawy roli – uprawa płuźna.

Z żyznością gleby wiąże się nierozzerwalnie życie biologiczne. Organizmy glebowe (bakterie, promieniowce, grzyby oraz dżdżownice) pełnią wiele bardzo ważnych funkcji w środowisku, wśród których najważniejszą jest rozkład resztek pozbiorowych roślin uprawnych, w tym słomy. W wyniku ich działalności uwalniane są mineralne formy składników odżywczych dla roślin. W rezultacie przemian mikrobiologicznych tworzona jest również próchnica glebowa, której zawartość jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o zdolności gleby do magazynowania wody (retencja glebowa) i jej zasobności w składniki pokarmowe (zawiera ona ok. 6% azotu, 1,2% fosforu, 0,9% siarki oraz wiele mikroelementów niezbędnych dla roślin) (16).

W ostatnich latach, z uwagi na postępujące zmiany klimatu i konieczność ochrony gleby przed degradacją, zadania uprawy roli uległy pewnemu przewartościowaniu i polegają w szczególności na:

- gromadzeniu wody (retencja glebowa) i ograniczeniu bezproduktywnych jej strat;
- zwiększeniu biologicznej aktywności gleby;
- ograniczeniu nasilenia erozji wodnej i wietrznej;
- wymieszaniu z glebą resztek poźniwnych rośliny przedplonowej oraz nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych;
- osiągnięciu optymalnego zagęszczenia oraz poprawie jej struktury;
- stworzeniu warunków do uzyskania szybkich i wyrównanych wschodów oraz ograniczaniu konkurencji ze strony chwastów i samosiewów rośliny przedplonowej, szczególnie w początkowym okresie wzrostu rośliny uprawnej (23).

Obecnie w rolnictwie wyróżniamy zasadniczo trzy systemy uprawy roli:

- tradycyjny – pluźny (orkowy);
- bezorkowy – bezpluźny, pług zastępowany jest tu innymi narzędziami uprawowymi, np. broną talerzową, kultywatorem ścierniskowym, spulchniaczem obrotowym;
- uprawa zerowa, po której następuje siew bezpośredni, tj. siew w rolę nieuprawioną – od zbioru przedplonu do wysiewu rośliny następczej nie wykonuje się żadnych zabiegów uprawowych.

W polskim rolnictwie dominuje tradycyjny – pluźny system uprawy roli. Do jego zalet należy m.in. głębokie przykrycie osypanych nasion chwastów i nasion rośliny przedplonowej, ograniczanie wzrostu chwastów wieloletnich oraz dokładne przykrycie nawozów naturalnych i organicznych. Ważne jest również równomierne rozmiesz-

czenie składników pokarmowych w warstwie ornej gleby, dobre jej napowietrzenie oraz likwidacja głębokich kolein (19).

Orka jest jednak zabiegiem energo- i kosztochłonnym, a dodatkowo taki system uprawy roli może prowadzić do wielu negatywnych zmian w środowisku glebowym, nasilających się przy obserwowanych zmianach klimatu. Duża głębokość i intensywność spulchniania przyspiesza proces mineralizacji próchnicy, a jej straty po wieloletniej intensywniej uprawie mogą sięgać nawet 50% (8). Ubytek substancji organicznej niekorzystnie oddziałuje na strukturę gleby, pojemność wodną, aktywność biologiczną i obieg składników pokarmowych. Wzrasta również podatność na erozję wodną i wietrzną, szczególnie na dużych polach pozbawionych zadrzewień śródpolnych lub w dużych odległościach od obszarów leśnych, zwiększa się zwięzłość i gęstość gleby, a stosowanie ciężkich ciągników do prac uprawowych często powoduje nadmierne zagęszczenie zarówno ornej, jak i podornej warstwy gleby. Po orce konieczne jest doprowadzenie roli, a przyorane nasiona chwastów i zainfekowane resztki poźniwne są w następnym roku wyorywane na powierzchnię pola (3, 20).

Znaczna degradacja środowiska glebowego spowodowana przez intensywne oddziaływanie maszyn i narzędzi uprawowych wręcz wymusza poszukiwanie nowych technik uprawy sprzyjających ochronie gleby i bioróżnorodności oraz odtwarzaniu naturalnych biocenoz na obszarach o intensywnej produkcji rolnej. 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 ograniczenia nakładów. Istotne jest tu również zwiększenie efektywności ekonomicznej i energetycznej produkcji rolniczej (18, 21).

W związku z powyższym w wielu krajach UE, w tym również w Polsce, propaguje się w coraz większym zakresie różne techniki bezpługowej uprawy roli, określane mianem uprawy zachowawczej lub konserwującej. Taka uprawa jest koncepcją produkcji rolniczej, której głównym celem jest ochrona środowiska przyrodniczego, wzrost żyzności gleby oraz racjonalne zmniejszenie nakładów bez wyraźnego ujemnego wpływu na plonowanie roślin. Uprawa ta bazuje na wspieraniu naturalnych procesów biologicznych w glebie. Wszelkiego rodzaju zabiegi uprawowe są zredukowane do niezbędnego minimum. Środki produkcji pochodzenia naturalnego lub syntetycznego w bezorkowym systemie uprawy są stosowane w taki sposób, aby nie naruszać procesów odtwarzających życie biologiczne i naturalnej struktury gleby. Taka forma uprawy znakomicie wpisuje się w ochronę środowiska przyrodniczego, sprzyja łagodzeniu skutków zmian klimatu oraz efektywnemu wykorzystaniu zasobów ze szczególnym uwzględnieniem racjonalnego gospodarowania wodą (3). Konserwująca uprawa roli charakteryzuje się następującymi cechami (4):

- długotrwała, znacznie ograniczona intensywność spulchniania roli;
- całoroczne przykrycie powierzchni gleby przez uprawy oraz mulcz z resztek poźniwnych lub roślin okrywowych (międzyplonów);

- zróżnicowane zmianowanie uwzględniające również rośliny bobowate i międzyplony.

Podstawową zaletą uprawy konserwującej jest brak odwracania wierzchniej warstwy gleby, co w praktyce przekłada się na eliminację z uprawy pługa. W zależności od intensywności i głębokości uprawy na powierzchni gleby lub w przypowierzchniowej jej warstwie pozostawione są resztki pozbiorowe rośliny przedplonowej lub międzyplonu.

Definicja konserwującej – zachowawczej uprawy roli nie jest ujednolicona (21):

- w ujęciu amerykańskim to taka uprawa, która w porównaniu z konwencjonalną (płużną) uprawą roli pozostawia na powierzchni gleby przynajmniej 30% resztek roślinnych;
- w ujęciu niemieckim uprawa konserwująca obejmuje tylko te uprawy, których intensywność jest mniejsza od uprawy konwencjonalnej, a większa od zerowej; resztki pozbiorowe są istotnym elementem takiej uprawy;
- w literaturze polskiej – to sposób uprawy z wykorzystaniem mulczowania i mający na celu ochronę gleby przed degradacją oraz zachowanie jej urodzajności.

Podstawowym wymogiem konserwującej uprawy roli jest pozostawienie na powierzchni gleby, również na okres zimy, resztek poźniwnych lub międzyplonów w formie mulczu w celu ochrony przed erozją wodną i wietrzną, poprawy struktury gleby oraz ograniczenia jej zlewności i podatności na zaskorupianie. Takie działania sprzyjają zwiększeniu biologicznej aktywności gleby i zasiedleniu jej przez różnorodną faunę glebową, w tym głównie dżdżownice. Poprawia się porowatość gleby, co ułatwia wsiąkalność wody w głąb profilu glebowego i ogranicza jej spływy oraz parowanie z powierzchni pola. Ważne dla konserwującej uprawy roli są poniższe elementy:

- stosowanie narzędzi uprawowych, które jedynie spulchniają wierzchnią warstwę gleby, ale jej nie odwracają;
- ograniczenie do niezbędnego minimum liczby i głębokości zabiegów uprawowych;
- osiągnięcie optymalnego zagęszczenia poszczególnych warstw gleby z płynnym przejściem warstwy uprawnej w podglebie.

Zaletą uprawy konserwującej jest mniejsze zużycie paliwa, a co za tym idzie mniejsze koszty i emisja CO₂ oraz większa wydajność pracy (21).

Interesującym rozwiązaniem w polowej produkcji roślinnej ostatnich lat jest uprawa pasowa. Polega ona na spulchnianiu pasa gleby wzdłuż przyszłych rzędów rośliny uprawnej, a po pasowym spulchnieniu (nawet do 30 cm) wykonuje się nawożenie i siew nasion. Oczywiście wszystkie te zabiegi można przeprowadzić w trakcie jednego przejazdu zestawem składającym się z maszyny spulchniającej glebę, siewnika i aplikatora umożliwiającego rzędowe (zlokalizowane) stosowanie nawozu. Taki system uprawy wykorzystywany jest w szczególności pod rośliny uprawiane w szerokich

rzędach, np. pod kukurydzę, rzepak, burak cukrowy, słonecznik, a ostatnio nawet pod zboża i rośliny bobowate.

Uprawa pasowa, w której tylko niewielka część gleby jest uprawiana, charakteryzuje się następującymi zaletami (21):

- gromadzenie węgla organicznego oraz małe zagrożenie erozją wodną i wietrzną;
- zminimalizowanie bezproduktywnych strat wody, gdyż mniejsze jest parowanie z gleby pokrytej mulczem i tylko częściowo uprawianej;
- zachowanie właściwej struktury gleby;
- przeciwdziałanie ugniataniu (zagęszczeniu) wskutek przejazdu maszyn i narzędzi uprawowych – lepsza nośność gleby;
- zoptymalizowane nawożenie i bardziej efektywne wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny uprawne (nawożenie wgłębné);
- zdecydowanie mniejsze nakłady energetyczne (zużycie paliwa) i czasu pracy w porównaniu z uprawą tradycyjną;
- dotrzymanie terminów agrotechnicznych podczas spiętrzenia prac polowych – podczas jednego przejazdu roboczego wykonuje się uprawę roli, wysiewa się nawozy i siewa nasiona, a w przypadku zbóż – ziarniaki.

W wielu gospodarstwach, a nawet całych rejonach kraju dominuje system produkcji oparty jedynie na uprawie roślin technologicznie podobnych, tj. zbóż, kukurydzy i rzepaku, a ok. 56% gospodarstw nie prowadzi żadnej produkcji zwierzęcej (14). W związku z powyższym, szczególnie ze względu na utrzymanie zrównoważonego bilansu próchnicy w glebie oraz poprawę życia biologicznego, konieczne staje się stosowanie odpowiedniego poziomu nawożenia nawozami naturalnymi i organicznymi.

Z badań przeprowadzonych m.in. przez IUNG-PIB w Puławach jednoznacznie wynika, że saldo bilansu glebowej materii organicznej jest ujemne i na poziomie kraju wynosi ok. $-200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ gruntów ornych. Jest ono zróżnicowane regionalnie, a wynika to ze struktury zasiewów oraz poziomu produkcji roślinnej i zwierzęcej, co bezpośrednio przekłada się na ilość nawozów naturalnych i organicznych. Stwarza to określone problemy agrotechniczne, przyrodnicze i środowiskowe. W związku z powyższym dla utrzymania zrównoważonego bilansu próchnicy w glebie konieczne jest przyzorywanie/stosowanie pewnej ilości słomy. Wielkość ta jest zróżnicowana regionalnie, natomiast w skali całego kraju powinno się w ten sposób zagospodarować rocznie około 8–10 mln ton słomy zbóż, rzepaku, kukurydzy i roślin bobowatych (11, 15).

Istotnym kryterium oceny różnych wariantów konserwującej uprawy roli (uprawa bezorkowa, uprawa zerowa, uprawa pasowa) stosowanych systematycznie w dłuższym okresie czasu jest określenie ich wpływu na niektóre chemiczne właściwości gleby, w tym zawartość węgla organicznego. Wieloletnie badania dotyczące wpływu różnych wariantów konserwującej uprawy roli na kształtowanie zawartości próchnicy wskazują jednoznacznie na znaczne nagromadzenie materii organicznej w powierzchniowej

warstwie gleby, co sprzyja intensywnemu rozwojowi mikroorganizmów glebowych (zwiększa się biologiczna aktywność gleby), ale jednocześnie może prowadzić do przejściowej immobilizacji azotu. Jednak po rozłożeniu materii organicznej (resztek pozbiorowych roślin uprawnych lub międzyplonu), w wyniku zwiększonej aktywności biologicznej gleby azot przechodzi ponownie w formy dostępne dla roślin. Po kilku latach stosowania takiej uprawy w górnych warstwach gleby ustala się nowy stan równowagi pomiędzy zwiększoną zawartością węgla organicznego i formami mineralnymi azotu (1, 6).

Celem opracowania jest przedstawienie znaczenia konserwującej uprawy roli w kształtowaniu żyzności gleby. Podstawowe źródła informacji stanowiły wyniki badań różnych autorów oraz własnych, prezentowane w literaturze.

Chemiczne właściwości gleby

Wieloletnie badania przeprowadzone przez różnych autorów (1, 7, 13) wskazują, że stosowanie konserwującej uprawy roli przyczynia się do podwyższenia zawartości węgla organicznego oraz azotu ogólnego w górnych warstwach gleby. Zwiększa się również zawartość przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu w porównaniu z wartościami stwierdzonymi w warunkach tradycyjnej – płużnej uprawy roli. Podobne zależności stwierdzono również w badaniach Lenarta i Sławińskiego (12) (tab. 1) oraz Księżaka i in. (9) (tab. 2).

Tabela 1

Wpływ 33-letniej uprawy płużnej i siewu bezpośredniego na wybrane chemiczne właściwości gleby

Warstwa gleby	Uprawa	C _{org.}	N _{og.}	C:N	P	K	Mg
		g·kg ⁻¹			mg·kg ⁻¹		
0–10	pluźna	10,7 ^{a*}	1,17 ^a	9,1 ^a	87,1 ^a	234 ^a	78,1 ^a
	siew bezpośredni	14,7 ^b	1,53 ^b	9,6 ^a	130,8 ^b	325 ^b	103,2 ^b
10–20	pluźna	10,1 ^a	1,12 ^a	9,0 ^a	81,4 ^a	153 ^a	77,9 ^a
	siew bezpośredni	11,7 ^b	1,31 ^b	8,9 ^a	99,3 ^b	157 ^b	88,8 ^a

*wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

Źródło: Lenart i Sławiński, 2010 (12)

Tabela 2

Wpływ różnych sposobów przedsięwzięcia przygotowania pola pod kukurydzę na wybrane chemiczne właściwości gleby (Grabów, jesień 2012)

Następstwo roślin/sposób uprawy roli	Warstwa gleby (cm)	pH _{KCl}	Zawartość makroelementów (mg·kg ⁻¹)			Zawartość próchnicy (g·kg ⁻¹)	Azot ogólny (g·kg ⁻¹)
			P	K	Mg		
Monokultura – siew bezpośredni	0–10	6,06 ^a	84,6 ^c	168 ^c	33,5 ^c	8,3 ^b	0,74 ^b
	10–20	6,12 ^a	78,9 ^b	120 ^b	25,5 ^b	7,5 ^a	0,64 ^a
	20–30	6,31 ^b	75,4 ^a	82,2 ^a	19,7 ^a	7,0 ^a	0,59 ^a
	średnia	6,16	79,6	123	26,3	7,6	0,66
Monokultura – pełna uprawa roli	0–10	6,63 ^a	109 ^a	56,4 ^a	22,6 ^a	7,3 ^a	0,61 ^a
	10–20	6,83 ^b	109 ^a	52,3 ^a	23,3 ^a	7,7 ^a	0,62 ^a
	20–30	6,97 ^b	114 ^b	73,9 ^b	24,9 ^b	7,8 ^a	0,61 ^a
	średnia	6,81	111	60,9	23,6	7,6	0,61
Zmianowanie – pełna uprawa roli	0–10	5,58 ^a	79,4 ^a	60,6 ^a	20,8 ^a	7,2 ^a	0,60 ^a
	10–20	6,06 ^b	84,6 ^b	58,9 ^a	21,5 ^a	7,5 ^a	0,64 ^b
	20–30	6,12 ^b	78,9 ^a	61,4 ^a	25,5 ^b	8,3 ^b	0,64 ^b
	średnia	5,92	81,0	60,3	22,6	7,7	0,63

*wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

Źródło: Książak i in., 2018 (9)

Powyższe wyniki dobrze korespondują z wynikami badań uzyskanymi przez Smagacza (22) w doświadczeniach zlokalizowanych w Rolniczych Zakładach Doświadczalnych IUNG-PIB, tj. Kępa-Puławy na glebie ciężkiej i Baborówko na glebie średniej. Oceniając podstawowe chemiczne właściwości gleby (lata badań 2017–2020) w zależności od systemu uprawy roli, udowodniono wzrost zawartości glebowej materii organicznej wraz z postępującymi uproszczeniami w uprawie roli (uprawa bezorkowa i pasowa oraz siew bezpośredni), zasadniczo w warstwie gleby 0–5 cm, w porównaniu z uprawą płużną. Zarówno w doświadczeniu prowadzonym na Kępie w Puławach (11–14 rok trwania doświadczenia polowego), jak i w eksperymencie polowym założonym jesienią 2000 r. w RZD Baborówko udowodniono takie zależności. Jednocześnie stwierdzono, że zawartość przyswajalnego fosforu i potasu w systemie płużnym kształtowała się na zbliżonym poziomie w poszczególnych warstwach gleby (efekt mieszania podczas orki), natomiast w systemie uprawy bezorkowej oraz w siewie bezpośrednim w szczególności istotnie wyższe wartości badanych cech udowodniono w warstwie gleby 0–5 cm (tab. 3–10).

Tabela 3

Zawartość próchnicy (%) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Kępa-Puławy, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	pasowy	
0–5	2,26	3,14	3,05	2,82
5–15	2,32	2,38	2,84	2,51
15–30	2,29	2,28	2,89	2,49
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 0,11; warstwy gleby – 0,18				

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Tabela 4

Zawartość przyswajalnego fosforu (mg P·kg⁻¹ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Kępa-Puławy, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	pasowy	
0–5	85	110	159	118
5–15	90	96	140	109
15–30	83	86	119	96
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 24; warstwy gleby – 26				

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Tabela 5

Zawartość przyswajalnego potasu (mg K·kg⁻¹ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Kępa-Puławy, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	pasowy	
0–5	197	265	336	266
5–15	181	231	264	225
15–30	180	202	165	182
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 42; warstwy gleby – 35				

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Tabela 6

Zawartość przyswajalnego magnezu ($\text{mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Kępa-Puławy, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	pasowy	
0–5	182	196	195	191
5–15	184	209	200	198
15–30	189	210	199	199
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – ni; warstwy gleby – ni				

ni – różnice nieistotne

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Tabela 7

Zawartość próchnicy (%) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Baborówko, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	zerowy	
0–5	1,58	2,18	2,23	2,00
5–15	1,58	1,86	1,69	1,71
15–30	1,52	1,24	1,20	1,32
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 0,16; warstwy gleby – 0,15				

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Tabela 8

Zawartość przyswajalnego fosforu ($\text{mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Baborówko, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	plużny	bezorkowy	zerowy	
0–5	126	115	140	127
5–15	135	135	129	133
15–30	150	178	149	159
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 19; warstwy gleby – 22				

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Tabela 9

Zawartość przyswajalnego potasu ($\text{mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Baborówko, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	płużny	bezorkowy	zerowy	
0–5	167	221	235	208
5–15	162	184	197	181
15–30	179	125	139	148
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 33; warstwy gleby – 36				

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Tabela 10

Zawartość przyswajalnego magnezu ($\text{mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby) po zbiorze pszenicy ozimej uprawianej po rzepaku w zależności od systemu uprawy roli i warstwy gleby (RZD Baborówko, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby	System uprawy roli			Średnia
	płużny	bezorkowy	zerowy	
0–5	90	80	62	77
5–15	91	91	81	88
15–30	93	109	92	98
NIR _(0,05) dla: systemu uprawy – 12; warstwy gleby – ni				

ni – różnice nieistotne

Źródło: Smagacz, 2020 (22)

Wilgotność gleby

Stabilna struktura gleby w wieloletniej uprawie konserwującej stwarza lepsze warunki dla wzrostu i rozwoju roślin w przeciągu całej wegetacji niż uprawa konwencjonalna. Uprawa bezpłużna bez warstwy ochronnej (mulczu), pozostawiając glebę w stanie znacznego zagęszczenia, stwarza korzystniejsze warunki wilgotnościowe tylko w krótkim okresie po wystąpieniu opadów. Po dłuższym okresie bezdeszczowym woda nagromadzona w powierzchniowych warstwach gleby paruje szybciej. W warunkach dużej ilości mulczu natomiast na powierzchni pola obserwuje się w pierwszych latach stosowania uprawy bezpłużnej wyższą wilgotność górnych warstw gleby w porównaniu z wilgotnością stwierdzoną w tradycyjnej uprawie płużnej. Większość badań z tego zakresu wskazuje na korzystne oddziaływanie bezpłużnych systemów uprawy roli, a szczególnie siewu bezpośredniego, na zwiększenie zawartości wody zwłaszcza w górnych warstwach profilu glebowego (1, 13).

Zmniejszenie zagęszczenia wierzchniej warstwy gleby oraz duża warstwa mulczu w uprawie konserwującej warunkują lepszą dostępność wody. W zależności od ilości doprowadzonej materii organicznej i klimatu wzrost substancji organicznej może wynosić 0,2% rocznie. Każdy 1% substancji organicznej może magazynować 150 m³ wody·ha⁻¹. Rośliny okrywowe redukują straty wody o ok. 30% w porównaniu z uprawą płuźną (10).

Przeprowadzone przez Czyż i in. (2) badania dotyczące oceny wilgotności gleby w różnych systemach uprawy roli wskazują, że siew bezpośredni istotnie podwyższał średnie wartości wilgotności w warstwie gleby 0–35 cm w porównaniu z uprawą tradycyjną. Zastosowanie techniki siewu bezpośredniego wpłynęło szczególnie korzystnie na wzrost wilgotności gleby na głębokości 0–5 cm. Podobne zależności zanotowano również w przypadku systemu uprawy uproszczonej w porównaniu z obiektem z płuźną uprawą roli (tab. 11). Do podobnych wniosków doszli również Jaskulski i in. (7) (tab. 12) oraz Małecka i in. (13) (tab. 13.)

Tabela 11

Wpływ systemu uprawy roli na uwilgotnienie gleby (% obj.)

Warstwa gleby	System uprawy roli		
	płuźny	uproszczony	siew bezpośredni
0–5	24,9	24,9	27,3
5–10	24,1	25,1	25,3
10–15	22,7	24,3	24,4
20–25	23,5	23,6	25,6
30–35	23,3	24,2	25,7

Źródło: Czyż i in., 2010 (2)

Tabela 12

Wilgotność gleby (% wag.) w warstwie gleby 0–30 cm przed siewem i w okresie wegetacji kukurydzy w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli

Uprawa roli	Przedplon			Średnia
	pszenica ozima	jęczmień jary	kukurydza	
Przed siewem				
Pluźna	11,4	11,6	11,5	11,5
Bezorkowa głęboka	11,3	11,8	11,9	11,7
Bezorkowa płytka	11,9	12,1	13,5	12,5
Średnia	11,5	11,9	12,3	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – r.n.; uprawy roli – 0,25; interakcji – 0,52				

cd. tab. 12

Uprawa roli	Przedplon			Średnia
	pszenica ozima	jęczmień jary	kukurydza	
Faza BBCH 32-37				
Plużna	9,3	9,4	9,9	9,5
Bezorkowa głęboka	9,5	9,6	9,7	9,6
Bezorkowa płytka	10,4	10,3	10,3	10,3
Średnia	9,7	9,8	10,0	-
NIR _(0,05) dla: przedplonu – r.n.; uprawy roli – 0,36; interakcji – r.n.				

r.n. – różnice nieistotne

Źródło: Jaskulski i in., 2015 (7)

Tabela 13

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

System uprawy roli	Wilgotność gleby (% obj.)		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: Małecka i in., 2012 (13)

Z badań przeprowadzonych przez R ó ż n i a k a (17) na glebie brunatnej właściwej (klasa bonitacyjna II i IIIa) wynika, że wpływ późniejszej i podstawowej uprawy roli na wilgotność wierzchniej warstwy gleby bezpośrednio przed siewem był zróżnicowany w kolejnych latach badań. W każdym roku wilgotność gleby na głębokości 0–5 cm płytko uprawionej po zbiorze przedplonu lub zmulczowanej słomą i oczekującej na uprawę pasową z jednoczesnym nawożeniem i siewem była istotnie większa niż gleby uprawianej płużnie i bezpłużnie przygotowanej do siewu pszenicy ozimej. Średnio, niezależnie od zróżnicowania w latach, stwierdzono, że większa wilgotność gleby występowała pod mulczem w systemie uprawy pasowej (strip-till), aniżeli w uprawie płużnej i bezpłużnej oraz w przypadku gleby bez uprawy późniejszej w porównaniu z talerzowaniem ścierniska. Dodatkowo korzystny wpływ mulczowania bez uprawy późniejszej wystąpił jedynie na obiekcie z uprawą pasową, a nie ujawnił się po wykonaniu podstawowej uprawy płużnej i bezpłużnej (tab. 14).

Tabela 14

Wilgotność gleby łóża siewnego 0–5 cm (% wag.) w zależności od późniejszej
i podstawowej uprawy roli

Uprawa późniwna – II	Uprawa podstawowa – I			Średnia
	plużna	bezużna	strip-till	
2013/2014				
Uprawa	11,6	10,7	15,2	12,5
Brak	11,4	11,7	16,3	13,1
Średnia	11,5	11,2	15,8	-
NIR _(0,05) dla: I = 0,92; II = ni; II/I = ni; I/II = ni				
2014/2015				
Uprawa	5,4	5,2	9,6	6,7
Brak	6,5	5,5	11,3	7,8
Średnia	6,0	5,4	10,5	-
NIR _(0,05) dla: I = 0,56; II = 0,31; II/I = 0,53; I/II = 0,73				
2015/2016				
Uprawa	8,5	9,0	14,6	10,7
Brak	8,7	8,3	15,8	10,9
Średnia	8,6	8,7	15,2	-
NIR _(0,05) dla: I = 0,96; II = ni; II/I = 0,41; I/II = 1,03				
20113/2014–2015/2016				
Uprawa	8,5	8,3	13,1	10,0
Brak	8,9	8,5	14,5	10,6
Średnia	8,7	8,4	13,8	-
NIR _(0,05) dla: I = 0,75; II = 0,39; II/I = 0,67; I/II = 0,95				

ni – różnice nieistotne

Źródło: Różniak M., 2016 (17)

Wyniki badań własnych przeprowadzonych na różnych glebach i w zróżnicowanych siedliskach potwierdzają tezę o korzystnym oddziaływaniu uprawy konserwującej (system bezorkowy, uprawa pasowa, uprawa zerowa, po której następuje siew bezpośredni) na kształtowanie wilgotności gleby i jej dostępności dla roślin uprawnych (tab. 15–17).

Tabela 15

Wpływ techniki uprawy roli na uwilgotnienie gleby (% obj.)
(RZD Kępa-Puławy, średnie z 5 terminów pomiarów, 2018 r.)

Głębokość (cm)	Uprawa roli		
	płużna	bezorkowa	pasowa
10	10,2 ^a	13,0 ^b	12,9 ^b
20	11,5 ^a	14,0 ^b	15,7 ^c
30	16,8 ^a	16,8 ^a	17,1 ^a
0–30	12,8 ^a	14,6 ^b	15,0 ^b

*wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

Źródło: Smagacz, 2018 (21)

Tabela 16

Wpływ techniki uprawy roli na uwilgotnienie gleby (% obj.)
(gospodarstwo indywidualne w Rogowie, średnie z 5 terminów pomiarów, 2013 r.)

Uprawa roli	Głębokość (cm)						Średnia
	10	20	30	40	60	100	
Płużna	15,4	6,8	7,6	7,7	14,4	24,9	12,8
Bezorkowa	15,3	8,4	10,0	8,7	13,3	31,3	14,5
Zerowa	14,5	10,2	10,0	9,9	18,1	33,7	16,0

Źródło: Smagacz, 2018 (21)

Tabela 17

Wpływ techniki uprawy roli na uwilgotnienie gleby (% obj.)
(SD Jelcz-Laskowice, średnio za 4 lata badań)

Warstwa gleby (cm)	Uprawa roli		
	płużna	bezorkowa	zerowa
0–5	10,7 ^a	12,4 ^b	14,8 ^c
5–10	12,5 ^a	14,4 ^b	14,5 ^b
10–15	13,5 ^a	15,2 ^b	14,0 ^{ab}
30–35	9,8 ^a	11,3 ^b	9,9 ^a

*wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

Źródło: Smagacz, 2018 (21)

Podsumowanie

W dobie zmieniającego się klimatu oraz nowych wyzwań w rolnictwie dbałość o żyzność i urodzajność gleb jest zadaniem priorytetowym. We współczesnym rolnictwie uprawa roli, obok oddziaływania na wielkość i stabilność plonów, powinna również stwarzać warunki do wzrostu lub co najmniej utrzymania na odpowiednim poziomie żyzności gleby oraz ograniczać ujemne oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze. Powinna być preferowana konserwująca uprawa roli (systemy bezorkowe, uprawa pasowa, siew bezpośredni) polegająca na stosowaniu uproszczeń uprawowych z mulczowaniem powierzchni gleby resztkami poźniwnymi i międzyplonami. Pozostawienie resztek pozbiorowych roślin w połączeniu z ograniczeniem intensywności uprawy sprzyja bowiem gromadzeniu węgla organicznego, co przyczynia się do zwiększenia retencji glebowej i korzystnie wpływa na strukturę gleby oraz jej biologiczną aktywność. Następuje również zdecydowane ograniczenie nasilenia procesów erozyjnych (erozja wodna i wietrzna) oraz zmniejszenie jednostkowych kosztów produkcji poprzez mniejsze zużycie paliwa i zwiększoną wydajność pracy ludzkiej i uprzedmiotowionej.

W związku z powyższym istnieje pilna potrzeba wdrożenia do szerokiej praktyki rolniczej uzyskanych dotychczas wyników badań naukowych oraz prac badawczo-rozwojowych nad produkcyjno-ekonomicznymi i środowiskowymi konsekwencjami uproszczeń w uprawie roli. Takie rozwiązania mogą być skutecznie wdrażane, szczególnie w gospodarstwach rolnych specjalizujących się między innymi w produkcji zbóż, rzepaku, kukurydzy i roślin bobowatych. Jest ku temu dobra okazja, bowiem Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 zakłada wsparcie rolnictwa m.in. poprzez ekoschematy. Jest to nowy prośrodowiskowy element płatności bezpośrednich, które są obowiązkowe dla państwa członkowskiego, ale dobrowolne dla rolnika. Można tu skorzystać m.in. z Ekoschematu – Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi: praktyka – Uproszczone systemy uprawy oraz praktyka – Wymieszanie słomy z glebą. Należy zaznaczyć, że gospodarstwa rolne bazujące na posiadanym aktualnie sprzęcie nie mogą wprowadzać drastycznych zmian w poźniwnym i przedsiwnym 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 prowadzą do drastycznego zmniejszenia plonów i pogorszenia się ekonomicznej opłacalności produkcji.

Wydaje się, 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 zastosowaniem wszelkich innowacji, rolnictwo w Polsce może w znacznym stopniu przyczynić się zarówno do ochrony rolniczej przestrzeni produkcyjnej, jak i zachowania walorów ekologicznych przyrodniczo cennych obszarów krajobrazowych.

Literatura

1. Blecharczyk A., Małecka I., Sierpowski J.: Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizyko-chemiczne właściwości gleby. *Fragmenta Aronomica*, 2007, **1(93)**: 7-13.
2. Czyż E., Dexter A.R., Włodek S., Biskupski A., Niedźwiecki J.: Ocena wybranych fizycznych właściwości gleby w różnych systemach uprawy roli. W.: *Produkcyjne i siedliskowe skutki stosowania różnych systemów uprawy roli. Raport z tematu badawczego nr 2.3.2, IUNG-PIB Puławy*, 2010, ss. 8-21.
3. Dzienia S., Zimny L., Weber R.: Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragmenta Agronomica*, 2006, **2**: 227-241.
4. Friedrich T., Kienzle J., Eppelein J., Basch G.: *Schonende Bodenbearbeitung*, Verlag DLG; *Konservierende Bodenbearbeitung*, 2008, p. 55-77.
5. Gonet S.: Materia organiczna w tematycznej strategii ochrony gleb w Unii Europejskiej. *Roczniki Gleboznawcze*, 2007, **58(3/4)**: 15-26.
6. Jankowiak J., Małecka I.: Uproszczenia uprawowe w zrównoważonym rozwoju rolnictwa. W: *Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (6)*. IERiGŻ-PIB Warszawa 2008, **102**: 87-113.
7. 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 Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 2015, **14(3)**: 61-71.
8. 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, p. 15-17.
9. Książak J., Bojarszczuk J., Staniak M.: Comparison of maize yield and soil chemical properties under maize (*Zea mays* L.) grown in monoculture and crop rotation. *Journal of Elementology*, 2018, **23(2)**: 531-543.
10. Kuś J.: Glebowa materia organiczna – znaczenie, zawartość i bilansowanie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2015, **45(19)**: 27-53.
11. Kuś J., Madej A.: Zagospodarowanie słomy a bilans glebowej materii organicznej. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, 2017, **4(90)**: 40-57.
12. Lenart S., Sławiński P.: Wybrane właściwości gleby oraz występowanie dżdżownic w warunkach siewu bezpośredniego i płuźnej uprawy roli. *Fragmenta Agronomica*, 2010, **4**: 86-93.
13. Małecka I., Swędryńska D., Blecharczyk A., Dytman-Hagedorn M.: Wpływ systemów uprawy roli pod groch na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. *Fragmenta Agronomica*, 2012, **29(4)**: 106-116.
14. Matyka M., Kopiński J., Madej A., Krasowicz S.: Zmiany w produkcji rolniczej na tle uwarunkowań przyrodniczych i polityki Unii Europejskiej. W: *Polska wieś i rolnictwo – 20 lat w Unii Europejskiej*, P. Chmieliński, G. Gorzelak (red.). Wyd. IRWIR-PAN, 2023 (w druku).
15. Pałosz T.: Rolnicze i środowiskowe znaczenie próchnicy glebowej i metodyka jej bilansu. Wyd. Śródkowo-Pomorskiego Towarzystwa Naukowego Ochrony Środowiska, 2009, **11**: 329-338.
16. Piłkula D.: Wpływ wieloletniego nawożenia słomą na plonowanie roślin i żyzność gleby. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2015, **45(19)**: 85-96.
17. Różniak M.: Ocena możliwości uprawy pszenicy ozimej w technologii stripp-till. *Rozprawa doktorska*, Bydgoszcz, 2016, ss. 97.
18. Smagacz J.: Produkcyjno-ekonomiczne i środowiskowe skutki różnych systemów uprawy roli. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2012, **29(3)**: 121-134.
19. Smagacz J.: Uprawa roli jako element zrównoważenia środowiskowego produkcji roślinnej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2015, **43(17)**: 89-101.

-
20. S m a g a c z J.: Konsekwencje organizacyjne i środowiskowe różnych systemów uprawy roli. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2016, **47(1)**: 139-153.
 21. S m a g a c z J.: Konserwująca uprawa roli – tendencje rozwoju i znaczenie we współczesnym rolnictwie. *Monografie i Rozprawy Naukowe*, 2018, 59, ss. 126.
 22. S m a g a c z J.: Wpływ długotrwałego stosowania słomy i obornika na obieg węgla organicznego, jakość próchnicy oraz żyzność i urodzajność gleb. *Raport Końcowy z tematu badawczego nr 3.18*, Puławy, 2020, s. 77.
 23. S m a g a c z J.: Kierunki rozwoju różnych systemów uprawy roli w warunkach zmieniającego się klimatu. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2020, **62(16)**: 149-167.
-

Adres do korespondencji:

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

AUTOR
Janusz Smagacz

ORCID
0000-0003-4322-3178