

Marian Machul

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

MOŻLIWOŚCI I SKUTKI STOSOWANIA UPROSZCZEŃ I SIEWU BEZPOŚREDNIEGO W UPRAWIE KUKURYDZY*

Wstęp

Dotychczasowy, powszechnie stosowany na świecie sposób uprawy roli opierał się na wielokrotnym spulchnianiu gleby w ciągu roku, poczynając od przykrycia resztek poźniowych, poprzez kilkakrotne mechaniczne niszczenie zachwaszczenia, orkę zimową i cały zespół uprawek przedsięwziętych (21). Z upływem czasu zmieniały się systemy produkcji rolniczej, a także poglądy dotyczące sposobu uprawy gleby ulegały licznym zmianom i modyfikacjom. Zmiany te dotyczyły sposobu spulchniania, głębokości i częstotliwości wykonywania zabiegów. W Europie po pierwszej wojnie światowej aż do lat siedemdziesiątych przeważał pogląd, że głębsze uprawy wpływają korzystnie na wzrost plonowania roślin oraz właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby (23). Z czasem, gdy stwierdzono, że nie wykonanie pewnych zabiegów w praktyce nie powoduje znaczącego obniżenia plonów roślin, powstawały zastrzeżenia co do celowości intensywnego spulchniania gleby. Spostrzeżenia te doprowadziły do zmiany poglądów odnośnie sposobu uprawy roli. Dobrym rozwiązaniem i tańszym sposobem uprawy roli okazały się uproszczenia polegające na spłycaaniu uprawy lub zmniejszaniu liczby zabiegów, aż do zupełnej ich eliminacji w tzw. uprawie zerowej.

Dominującym sposobem uprawy roli we wszystkich systemach produkcji rolniczej, niezależnie od warunków glebowych, klimatycznych i ekonomicznych, jest uprawa płużna. Jest ona powszechnie stosowanym sposobem przygotowania roli do siewu zarówno w warunkach ekstensywnej, jak i intensywnej uprawy roślin. Uprawa płużna ma wiele zalet i bardzo dobrze opracowane podstawy teoretyczne. Rad e c k i (20, 21) podaje, iż najważniejsze z nich to: dobre spulchnienie, odwrócenie i rozdrobnienie warstwy ornej oraz wyrównanie zawartości składników mineralnych w warstwie ornej. Ma też zaletę o charakterze psychologicznym: jest systemem czystej i starannej uprawy roli. Uprawa płużna ma też i wady, jest energochłonna i kosztowna, gdyż pochłania 25-40% całkowitych nakładów na produkcję roślinną (6). W uprawie kukurydzy, jak podaje R o s z k o w s k i (22), na orkę przypadało około 30% nakładów robocizny i energii mechanicznej.

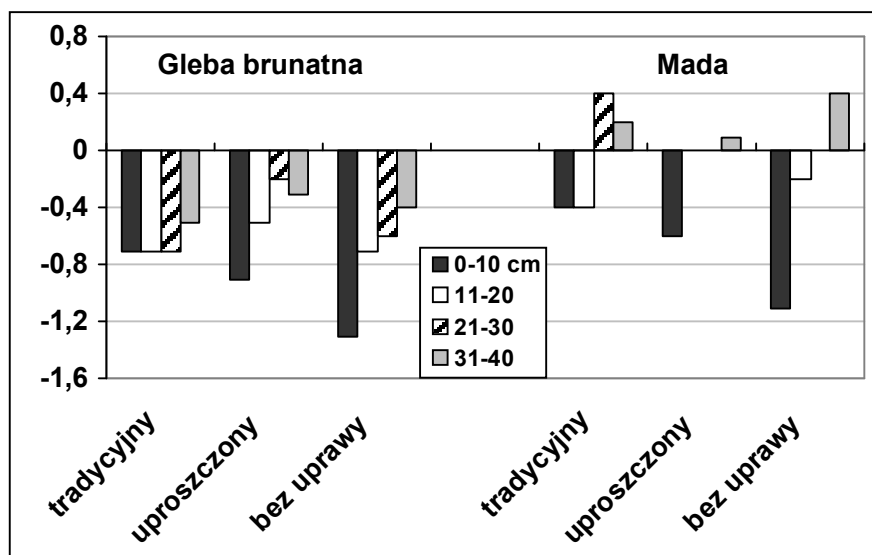
* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.5 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Kukurydza była pierwszą rośliną, którą zaczęto wysiewać bez uprawy roli. Obecnie jest ona tak uprawiana w Stanach Zjednoczonych i innych krajach klimatu ciepłego, w których siew bezpośredni stał się już techniką powszechnie stosowaną (1, 20, 21, 23).

Do niedawna w Polsce stosowało się prawie wyłącznie uprawę płużną. Jednak wyniki badań i doświadczenia praktyki rolniczej wskazują, że w określonych przypadkach można z powodzeniem zastosować uprawę uproszczoną, a nawet siew bezpośredni kukurydzy (5).

Zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleby

Uproszczona uprawa roli powoduje zmiany właściwości chemicznych i fizycznych gleby (2, 5, 12, 16, 20, 21, 23). Pod wpływem sposobu uprawy zmienia się odczyn gleby. Wieloletnie stosowanie siewu bezpośredniego kukurydzy uprawianej w monokulturze spowodowało silniejsze zakwaszenie gleby, zwłaszcza w górnej (0-10 cm) jej warstwie niż w uprawie tradycyjnej i uproszczonej (12). Kwasowość gleby brunatnej i mady była podobna; pH odpowiednio 5,7 i 5,8. Odczyn gleby brunatnej (pH w KCl) uprawianej tradycyjnie zmniejszył się o 0,7; uprawianej sposobem uproszczonym o 0,9; a nieuprawianej mechanicznie – o 1,3. Odczyn mady obniżył się odpowiednio o 0,4; 0,6 i 1,1 jednostki (rys. 1). Zakwaszenie to spowodowane jest powierzchniowym wnoszeniem nawozów mineralnych oraz płytszym rozmieszczeniem systemu korzeniowego i jednostronnym zubożeniem górnych poziomów w niektóre składniki pokarmowe.

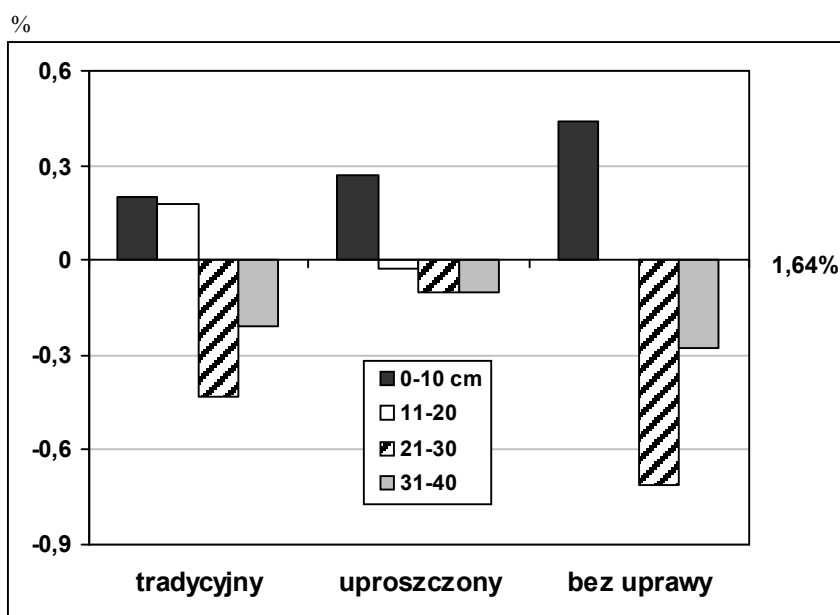


Rys. 1. Zmiany odczynu (pH) gleb na czterech poziomach głębokości po pięciu latach zróżnicowanej uprawy roli pod kukurydzą

Źródło: Machul M., 1995 (11).

Pozytywnym zjawiskiem przy siewie bezpośrednim jest zwiększona zawartość próchnicy w górnej (0-10 cm) warstwie gleby. Pięcioletni siew bezpośredni w uprawie kukurydzy w monokulturze na madzie spowodował dwukrotny przyrost zawartości próchnicy w porównaniu ze stwierdzoną w warunkach uprawy tradycyjnej, ale tylko w powierzchniowej warstwie gleby (rys. 2). Większy przyrost wystąpił w glebie brunatnej niż w madzie. Siew bezpośredni prowadzi jednak do zmniejszenia ilości próchnicy w głębszych (20-40 cm) warstwach gleby (12). Natomiast w badaniach S z y m a n k i e w i c z a (23) coroczne zróżnicowane uprawy nie powodowały zmian zawartości próchnicy. Zmiany zawartości substancji organicznej – polegające na zwiększeniu jej zawartości w górnej warstwie gleby i zmniejszeniu w dolnej – traktowane są przez niektórych badaczy jako niekorzystne zjawisko przekształcania profilu glebowego.

Wieloletnie stosowanie siewu bezpośredniego powoduje także zwiększenie zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w górnych poziomach warstwy ornej, w porównaniu ze stwierdzonymi w uprawie tradycyjnej (12). Podobne wyniki w odniesieniu do fosforu uzyskał także S z y m a n k i e w i c z (23). Podaje on jednak, że sposób uprawy roli nie miał wpływu na zawartość potasu i magnezu w glebie. Stwierdził natomiast znaną prawidłowość, iż niezależnie od sposobu uprawy zawartość potasu i fosforu obniża się wraz ze wzrostem głębokości. Wzrost zawartości N, P, K i C w wierzchniej warstwie nieuprawianej gleby lub przy stosowaniu ograniczonej uprawy w porównaniu z uprawianą tradycyjnie tłumaczy się mniejszym ich wymywaniem, jak i mniejszą erozją.



Rys. 2. Zawartość próchnicy w madzie po pięciu latach w zależności od sposobu uprawy roli pod kukurydzą

Źródło: Machul M., 1995 (11).

Szymankiewicz (23) uważa, że uproszczona uprawa oddziałuje niekorzystnie na większość badanych cech gleby. Wyeliminowanie mechanicznej uprawy roli powoduje najczęściej zwiększenie zwięzłości i gęstości gleby oraz zmniejszenie porowatości ogólnej i pojemności kapilarnej objętościowej w porównaniu z wartościami tych cech w warunkach uprawy typowej (5, 21, 23). Uprawa bezorkowa i glebogryzarką zdecydowanie podnosiły zwięzłość gleby o około 32% i zmniejszały pojemność kapilarną objętościową średnio o 1,9% (23). Także Dzienia i Sosnowski (5) podają, że zastosowanie siewu bezpośredniego spowodowało wzrost zwięzłości gleby o 24–100% w stosunku do jej stanu przy uprawie płuźnej. Zwięzłość gleby i porowatość w badaniach Radckiego (21) wykazały małe zróżnicowanie pod wpływem uprawy roli, ale równocześnie wyraźnie widoczne były zmiany tych cech w okresie wegetacji roślin, często przekraczające różnice między obiektami uprawowymi. Stwierdzono większą zwięzłość gleby w obiektach bez uprawy roli, zwłaszcza w głębszych poziomach warstwy ornej. Zwięzłość gleby nie zwiększała się wraz z długością okresu bez uprawy roli.

Istotnym czynnikiem decydującym o powodzeniu uproszczonych sposobów uprawy roli jest rodzaj gleby i jej zagęszczenie. Zarówno gęstość gleby, jak i zwięzłość są wielkościami zmieniającymi się w zależności od składu granulometrycznego i wilgotności gleby (18). Gęstość i zwięzłość gleby skorelowana jest ujemnie z ilością części spławialnych, a dodatkowo z wilgotnością. Nugis (17) zauważa, że im gleba lżejsza tym optymalna jej gęstość jest wyższa. Ważne jest utrzymywanie gleby w takim stanie fizycznym, który by umożliwiał korzeniom penetrację oraz wykorzystanie składników pokarmowych i wody. Przy wzroście zagęszczenia gleby mogą występować gorsze wschody roślin i obniżenie ich plonowania. Radcki i Opic (20) podają, że sposób uprawy roli wpływa na gęstość gleby (ciężar objętościowy). Porównując obiekty z siewem bezpośrednim i z uprawą płuźną stwierdzono większą gęstość na obiektach bez uprawy i różnice te dochodziły do $0,3-0,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Także Dzienia i Sosnowski (5) stwierdzili większą gęstość gleby o 2-16% w stosunku do obserwowanej w uprawie tradycyjnej. Wyraźne zwiększenie zagęszczenia gleby odbijało się na układzie porowatości; następowało zmniejszenie porowatości ogólnej na obiektach z siewem bezpośrednim (20).

Wyniki prezentowane w literaturze dotyczące zawartości wody w glebie w zależności od sposobu uprawy roli nie są jednoznaczne. Szymankiewicz (23) stwierdził, że uwilgotnienie profilu glebowego pod kukurydzą, wyrażone zapasem wody w poszczególnych latach, zależało przede wszystkim od ilości i rozkładu opadów oraz fazy rozwojowej roślin kukurydzy. Mało wyraźny był wpływ zróżnicowanej uprawy roli na zmiany zapasu wody w glebie. Średnio za 4 lata uprawa bezorkowa i uproszczona istotnie podnosiły zapas wody w warstwie gleby 0-60 cm w stosunku do jej stanu na obiekcie kontrolnym. W badaniach Radckiego (21) zaniechanie uprawy roli w zmianowaniu nie powodowało wyraźnych zmian w aktualnej zawartości wody i powietrza w glebie. Wystąpiła jednak tendencja obniżania się wilgotności gleby na obiekcie z czteroletnim stosowaniem siewu bezpośredniego, zwłaszcza w warstwie 10-20 cm.

Wzrost wilgotności gleby przy stosowaniu ograniczonej lub zerowej uprawy roli wykazali natomiast C z y ż (2), D a n i e l, D i l l a h a i i n., G o l a b i i n. oraz S o m e i i n. (cyt. za 19). Wzrost ten następuje wskutek zwiększenia ilości makroporów w glebie, wzrostu zawartości substancji organicznej i mniejszego przewietrzania gleby. W rejonach suchych największą rolę w zatrzymywaniu wody na glebach nieuprawianych przypisuje się pozostawionej po zbiorze słomie i tworzeniu się mulczy na powierzchni. Różnice wyraźniej występują w latach lub regionach suchych. W latach wilgotnych, o dużej ilości opadów nie stwierdza się na ogół różnic w zawartości wody w glebie. Natomiast M a l i c k i i i n. (13) zwracają uwagę na rolę, jaką w kształtowaniu uwilgotnienia gleby odgrywa roślina; według nich stosunki wodne układają się różnie w zależności od uprawianych gatunków roślin.

Badania dotyczące oddziaływania sposobu uprawy roli na strukturę gleby wykazały, że kilkakrotne wykonanie siewu bezpośredniego nie pogarszało stanu agregatowego. Zaniechanie uprawy mechanicznej powodowało wyraźne zwiększenie ilości dużych agregatów i ich trwałości w górnych warstwach gleby (18-20). R a d e c k i i O p i c (20) podają, że po 11 latach siewu bezpośredniego w warstwie gleby 0-5 cm średnica gruzelka wynosiła 1,52 mm, podczas gdy na obiekcie z orką zaledwie 0,98 mm.

Zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleby, jakie zachodzą pod wpływem uprawy uproszczonej wymagają od rolnika takiego postępowania, które umożliwiłoby ograniczenie ujemnych skutków tych uproszczeń i pozwalałoby w pełni wykorzystać ich zalety.

Uproszczenia w uprawie roli a zachwaszczenie i porażenie przez choroby grzybowe

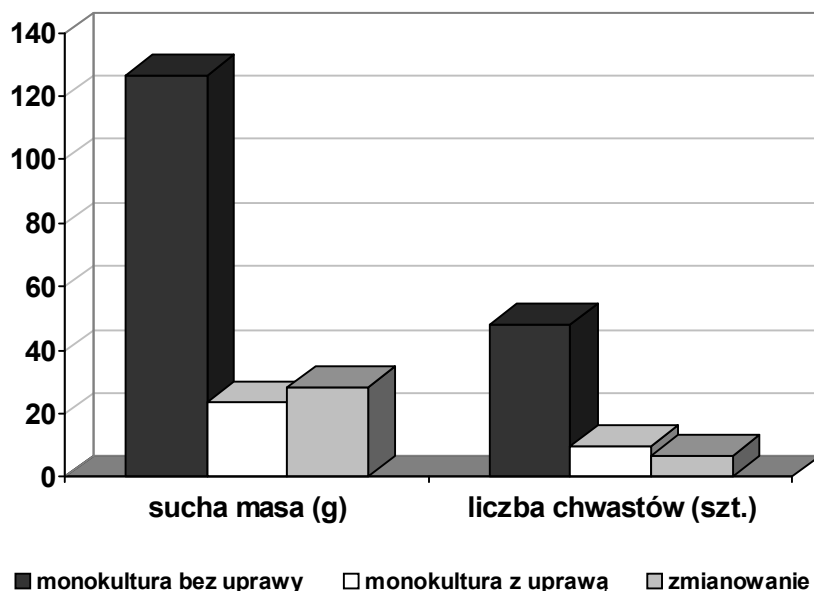
W literaturze przeważa stwierdzenie, iż stosowanie uproszczeń w uprawie roli, a zwłaszcza całkowite zaniechanie uprawy mechanicznej, powoduje wzrost zachwaszczenia; zwiększenie liczby i masy chwastów (3, 4, 11, 12, 20, 21, 23). D u b a s (3) podaje, że uprawa kukurydzy w monokulturze powoduje wzrost ogólnej liczby chwastów i udziału w niej chwastów prosoowych; z 41% w dwuletniej, do 90% w pięcioletniej monokulturze. Natomiast przy uprawie kukurydzy po różnych przedplonach udział chwastów prosoowych był podobny i wynosił około 30%. W badaniach S z y m a n k i e w i c z a (23) wzrost liczby chwastów na obiekcie bezorkowym w stosunku do ich liczby w uprawie typowej wyniósł: 96% jednoliściennych, zaś 15% dwuliściennych, na obiekcie uprawianym glebogryzarką liczba wszystkich chwastów zwiększyła się o 43,1%. Natomiast nie stwierdzono wpływu sposobu uprawy roli na skład gatunkowy dominujących chwastów jednoliściennych i dwuliściennych oraz wieloletnich i krótkotrwałych. Brak oddziaływania zróżnicowanej uprawy roli na skład gatunkowy chwastów w kukurydzy tłumaczy się zbyt krótkim okresem badań, w którym mógłby się zmienić ich skład. R a d e c k i (21) podaje, że skład gatunkowy chwastów zmieniał się w zależności od sposobu uprawy roli. Brak orki wyraźnie zwiększał zachwaszczenie chwastami rocznymi jednoliściennymi, a zastąpienie orki gryzowaniem powodo-

wało zwiększenie masy chwastów rocznych dwuliściennych, pomimo stosowania dostępnych herbicydów. Prawie czterokrotny wzrost masy chwastów na obiekcie z dwukrotnie wykonanym siewem bezpośrednim (21) spowodowany był praktycznie przez jeden gatunek – chwastnicę jednostronną (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal. P.B.). W innych badaniach (11) na obiektach bez uprawy, jak i z uproszczoną uprawą najliczniej reprezentowane były takie gatunki chwastów, jak: ostrożeń polny – *Cirsium arvense* (L.), perz właściwy – *Agropyron repens* (L.) P.B., gwiazdnica pospolita – *Stellaria media* (L.) Vill., szarłat szorstki – *Amaranthus retroflexus* (L.), psianka czarna – *Solanum nigrum* (L.) Vill. oraz skrzyp polny – *Equisetum arvense* (L.).

W literaturze znane są też wyniki badań Johnson'a (cyt. za 19) wskazujące, że nawet po 10 latach nieuprawiania roli nie stwierdzono różnic w zachwaszczeniu w porównaniu do jego stanu na glebie uprawianej tradycyjnie.

W badaniach IUNG w latach 2004–2006 stwierdzono, że już w drugim roku trwania monokultury (w 2005 r.), pomimo stosowania herbicydu Primextra Gold 720, na obiekcie z uprawą zerową ogólna liczba chwastów, jak i masa chwastów była kilkakrotnie większa niż na obiekcie z pełną uprawą roli w monokulturze i zmianowaniu (rys. 3). Na obiekcie bez uprawy wystąpiły w dużym nasileniu przymiotno kanadyjskie – *Erigeron canadensis* (L.) i skrzyp polny – *Equisetum arvense* (L.). Konieczne było zastosowanie ponownego oprysku preparatem Callisto 100 SC.

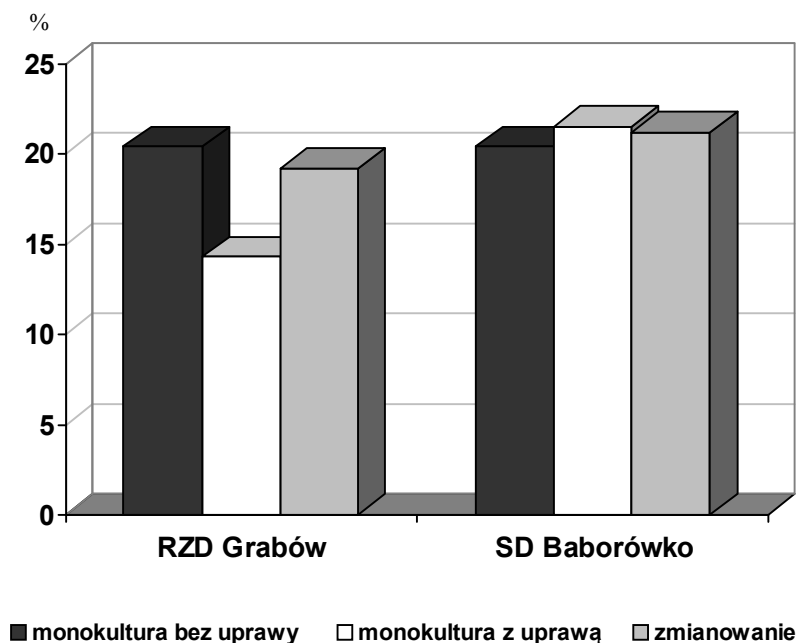
Czynnikiem warunkującym uzyskanie dobrych plonów kukurydzy przy stosowaniu uproszczeń uprawowych jest prowadzenie skutecznej walki z zachwaszczeniem. Jest



Rys. 3. Zachwaszczenie kukurydzy na powierzchni 1 m² w zależności od sposobu uprawy
Źródło: Badania własne.

to możliwe, gdyż firmy chemiczne wprowadzają na rynek nowe herbicydy, których umiejętne zastosowanie pozwala utrzymać pole w stanie wolnym od chwastów, nawet przez kilkuletni okres wykonywania siewu bezpośredniego. W o r s h a m i L e w i s (cyt. za 19) uważają, że rozwiązanie problemu zachwaszczenia miało podstawowe znaczenie w rozpowszechnianiu się uproszczeń w uprawie roli.

Uproszczenia uprawowe uważane są za czynnik sprzyjający pojawianiu i rozprzestrzenianiu się chorób grzybowych. Badania D u b a s a (3) wskazują na wyraźny wzrost udziału roślin porażonych przez głownię guzowatą kukurydzy uprawianej w monokulturze wraz z wydłużaniem się okresu trwania monokultury – z 7,3% w dwuletniej do 24,6% w pięcioletniej monokulturze. Natomiast porażenie przez tę chorobę kukurydzy uprawianej po różnych przedplonach wynosiło około 7-8%. W badaniach własnych niezależnie od sposobu uprawy roli odnotowano podobne porażenie roślin przez głownię guzowatą kukurydzy. W warunkach sprzyjających rozwojowi chorób grzybowych stopień porażenia roślin wynosił średnio 20-21%. W badaniach tych na porażenie głownią guzowatą kukurydzy większy wpływ miały warunki pogodowe niż uprawa w monokulturze i sposób przedsięwzięcia przygotowania roli.



Rys. 4. Porażenie roślin kukurydzy przez głownię guzowatą (*Ustilago zeae* Unger) w 2006 r.
Źródło: Badania własne.

Życie biologiczne gleby

Uproszczenia w uprawie roli wpływają także na życie biologiczne gleby. Zachodzące zmiany dotyczą makro- i mikroorganizmów glebowych, ich aktywności i rozmieszczenia w środowisku glebowym. Mikroflora i mikrofauna gleby mogą niwelować lub znacznie ograniczać ujemne skutki we właściwościach fizycznych gleby (20). W większości prac stwierdza się, że w obiektach z siewem bezpośrednim występuje większa liczebność takich organizmów glebowych, jak *Acarina* sp. i *Lumbricus* sp. Zjawisko to najczęściej jest obserwowane w warstwie gleby 1-15 cm. Powszechnie znana i potwierdzona jest wzmożona aktywność dżdżownic na polach nieoranych i ich działanie fitomelioracyjne (24). Na 1 ha powierzchni rolniczej żyje około 9,5 milionów dżdżownic (24), a uprawa zachowawcza (siew w mulcz) w porównaniu z tradycyjnymi metodami powoduje wzrost populacji dżdżownic w warstwie uprawnej gleby. E h l e r s (cyt. za 20) wykazał wielokrotnie więcej makroporów o średnicy 2-11 mm pozostawionych w glebie przez dżdżownice w warunkach siewu bezpośredniego. Spulchniające działanie fauny glebowej w warunkach stosowania siewu bezpośredniego zapewnia utrzymanie przepuszczalności gleby i jej napowietrzenia na poziomie zbliżonym do naturalnego. Obserwuje się i niekorzystne zjawiska związane z fauną żerującą na roślinach uprawnych, a zwłaszcza wyraźne nasilenie występowania ślimaków na obiektach z siewem bezpośrednim (20).

Sposób uprawy różnicuje nie tylko ilość makro-, ale i mikroorganizmów w środowisku glebowym. Jeden gram gleby czynnej biologicznie może zawierać 3 miliardy bakterii (24). Intensywna uprawa roli powoduje zachwianie równowagi biologicznej. Natomiast konserwująca uprawa uaktywnia życie biologiczne górnych warstw gleby, zwiększając znacznie liczebność mikroorganizmów i nematod.

Wieloletnia uprawa uproszczona wpływa także na populację grzybów w środowisku glebowym; flora grzybowa powoduje wzrost stabilności agregatów glebowych. Sposób uprawy wpływa na aktywność grzybów współżyjących z korzeniami roślin i grzybów patogenicznych znajdujących się w glebie. Uproszczona uprawa roli powoduje wzrost zasiedlania korzeni roślin przez grzyby mikoryzowe. Także korzenie kukurydzy, jak podaje M o z a f a r i in. (15), w warunkach uprawy zerowej są bardziej kolonizowane przez grzyby mikoryzowe, a w mniejszym stopniu przez grzyby nie żyjące w mikoryzie. Ponadto na korzeniach roślin w warunkach bez uprawy stwierdzono istotnie więcej grzybów niż w przypadku obiektów z uprawą płużną.

Intensywność uprawy roli wpływa na koncentrację niektórych składników pokarmowych w roślinach. W warunkach zredukowanej uprawy, przy wzroście zasiedlania korzeni przez grzyby, większe jest pobranie składników pokarmowych przez rośliny. W roślinach kukurydzy pochodzących z obiektów bez uprawy zawartość P, Zn i Cu była wyższa niż stwierdzona w warunkach uprawy konwencjonalnej (15). Natomiast we wczesnych fazach wzrostu koncentracja Ca i Mn w kukurydzy była większa, gdy stosowano uprawę tradycyjną. Zmiany zawartości składników w kukurydzy stwierdzone przez M o z a f a r a i in. (15) w warunkach uproszczonej uprawy były spowodowane zmianą aktywności różnych grzybów zasiedlających korzenie roślin.

Plonowanie kukurydzy w warunkach uproszczonej uprawy roli

Wyniki licznych badań (2-5, 10, 11, 22) wskazują, że sposób uprawy roli ma istotny wpływ na plony kukurydzy. W piśmiennictwie przeważa stwierdzenie, że stosowanie uprawy uproszczonej, a zwłaszcza uprawy zerowej (2-4, 10, 11, 22), prowadzi do obniżenia plonów ziarna i słomy kukurydzy. Na wielkość plonów kukurydzy duży wpływ mają panujące w poszczególnych latach warunki meteorologiczne, głównie termiczne i wilgotnościowe. Jak podają D z i e n i a i S o s n o w s k i (5) kukurydza lepiej plonowała w latach ciepłych po zastosowaniu siewu bezpośredniego, zaś w latach chłodnych i wilgotnych po uprawie płuznej.

Według G r i f f i t h a i i n. (7) oraz M a c h u l a (12) obniżka plonu ziarna w warunkach siewu bezpośredniego sięgała odpowiednio 9,2 i 9,4% w stosunku do wydajności uzyskanej przy pełnej uprawie płuznej. Natomiast w badaniach M e n z e l a i D u b a s a (14) pominięcie orki przez pięć kolejnych lat obniżało plon aż o 15,8%. Również uproszczenie uprawy roli polegające na zastosowaniu talerzówki i glebogryzarki zamiast orki powodowało obniżkę plonu ziarna o ponad 6% (12, 23). Przyczyną spadku plonu ziarna zarówno w warunkach bez orki, jak i z uprawą uproszczoną była mniejsza obsada roślin, a w konsekwencji mniejsza liczba kolb uzyskanych z jednostki powierzchni (3, 9, 12, 14). Na słabszą obsadę roślin prawdopodobnie mogły wpłynąć pogarszające się właściwości gleby: zwiększenie się zwięzłości gleby, a zmniejszenie pojemności kapilarnej objętościowej, na co zwracają uwagę M e n z e l i D u b a s (14), S z y m a n k i e w i c z (23) oraz gorsze warunki wzrostu młodych siewek z powodu niższej temperatury gleby i obecności fitotoksyn. Odmienny w tym względzie wynik uzyskali G r i f f i t h i i n. (7), bowiem po 3 lub 4 latach w siewie bezpośrednim plon kukurydzy stabilizował się na poziomie zbliżonym do osiąganego w uprawie tradycyjnej.

Również przeprowadzone ostatnio badania własne autora nie wykazały istotnego wpływu sposobu uprawy roli na plon ziarna kukurydzy (tab. 1). Podobne plony odnotowano uprawiając kukurydżę w zmianowaniu i w monokulturze niezależnie od sposobu przedsięwziętego przygotowania roli; były one wynikiem uzyskania pełnej obsady roślin na wszystkich obiektach uprawowych oraz brakiem różnic w masie 1000 ziaren i liczbie ziaren w kolbie (tab. 2). Brak różnic w plonach tłumaczy się także większą wilgotnością gleby nieuprawianej w okresie wegetacji w porównaniu z uprawianą tradycyjnie.

Obniżka plonów może być również wynikiem uprawy kukurydzy w monokulturze i to niezależnie od sposobu uprawy roli, a ujemny wpływ uprawy w monokulturze na plonowanie kukurydzy uwidacznia się najczęściej w pierwszych trzech latach (4, 12, 14).

Wyniki badań wskazują, że i w naszych warunkach, na glebach będących w dobrej kulturze istnieje możliwość stosowania pod kukurydżę uproszczonej uprawy roli aż do uprawy zerowej włącznie. Czynnikiem decydującym o osiągnięciu plonów kukurydzy porównywalnych z uzyskiwanymi w uprawie tradycyjnej jest poprawne wykonanie siewu i zapewnienie pełnej obsady roślin.

Tabela 1

Plony kukurydzy (średnie z lat 2004–2006)

Wyszczególnienie	RZD Grabów		SD Baborówko	
	ziarno	słoma	ziarno	słoma
Monokultura, bez uprawy	7,77	7,74	5,36	6,37
Monokultura, pełna uprawa roli	7,95	8,86	5,48	6,61
Zmianowanie, pełna uprawa roli	7,51	8,07	5,43	6,66
NIR $\alpha = 0,05$	r.n.	–	r.n.	–

Źródło: Badania własne.

Tabela 2

Zależność niektórych elementów struktury plonu kukurydzy od sposobu uprawy roli

Wyszczególnienie	Monokultura		Kukurydza w zmianowaniu	NIR $\alpha = 0,05$
	bez uprawy	pełna uprawa		
Liczba roślin (tys. · ha ⁻¹)	90,8	89,7	88,9	r.n.
Masa 1000 ziaren (g)	265,6	253,1	258,6	r.n.
Liczba ziaren w kolbie	433,4	434,1	427,6	r.n.
Wilgotność ziarna podczas zbioru (%)	38,3 b	37,8 b	36,2 a	r.i.

a, b – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie między sobą dla $\alpha = 0,05$
 Źródło: Badania własne.

Wyniki oceny ekonomicznej stosowania uproszczonej uprawy roli w porównaniu z uprawą tradycyjną są rozbieżne, podobnie jak plonowanie roślin; efekty ekonomiczne są uzależnione od poziomu plonów. Notowano zarówno dodatni, jak i ujemny wynik ekonomiczny stosowania siewów bezpośrednich (19). Stosunkowo szybkie odchodzenie od tradycyjnej uprawy w Stanach Zjednoczonych wskazuje, że w tych warunkach przyrodniczo-ekonomicznych, przy posiadanych środkach produkcji i relacji ich cen do cen produktów rolnych, ograniczenie uprawy roli jest celowe i korzystne. Natomiast w warunkach naszego rolnictwa, jak podają J a n k o w i a k i K r a s o w i c z (8) oraz M a c h u l i i n. (10), stosowanie uproszczeń w uprawie roli aż do siewu bezpośredniego włącznie zmieniało poziom i strukturę kosztów bezpośrednich, nie wpływając w sposób wyraźny na koszt jednostkowy produkcji ziarna kukurydzy. Można przypuszczać, że zmiany cen środków produkcji i nośników energii przyczynią się także w naszych warunkach do wzrostu opłacalności stosowania uproszczonej uprawy roli i siewu bezpośredniego kukurydzy. Przy siewach bez uprawy roli większe są nakłady na herbicydy, nasiona i nawozy, natomiast przy uprawie tradycyjnej – na energię, robociznę i maszyny. M e n z e l i D u b a s (14) na podstawie pięcioletnich wyników uprawy kukurydzy w monokulturze wykazali mniejszą efektywność energetyczną upraw uproszczonych, zwłaszcza siewu bezpośredniego. Mniejsze nakłady energetyczne w uprawie bezorkowej nie rekompensowały uzyskiwanych niższych plonów ziarna kukurydzy.

Podsumowanie

Sposób uprawy roli wpływa na poziom plonów kukurydzy. Najczęściej uproszczona uprawa powoduje obniżkę plonów, której przyczyną jest mniejsza obsada roślin, a w konsekwencji mniejsza liczba kolb z jednostki powierzchni. Wieloletnie stosowanie uproszczonej uprawy roli, a szczególnie siewu bezpośredniego, powoduje niekorzystne zmiany właściwości chemicznych i fizycznych gleb. Następuje wówczas obniżenie pH górnej warstwy gleby oraz nagromadzenie się w niej fosforu, potasu i magnezu. Pozytywną zmianą jest natomiast wzrost zawartości próchnicy, lecz dotyczy on także powierzchniowej warstwy gleby. Wylimitowanie mechanicznej uprawy roli powoduje najczęściej zwiększenie zwięzłości i gęstości gleby oraz zmniejszenie porowatości ogólnej i pojemności kapilarnej objętościowej w porównaniu z wartością tych cech w warunkach uprawy typowej. Ograniczona uprawa, a zwłaszcza zaniechanie uprawy mechanicznej, powoduje wzrost zachwaszczenia kukurydzy, głównie przez gatunki jednoliścienne i wieloletnie. Uproszczenia w uprawie roli wpływają także na życie biologiczne gleby. Powodują zmiany w liczebności, aktywności i rozmieszczeniu organizmów żywych w środowisku glebowym.

W warunkach Polski istnieje możliwość stosowania pod kukurydzą uproszczonej uprawy roli aż do uprawy zerowej włącznie, głównie na glebach będących w dobrej kulturze. Czynnikiem decydującym o jej stosowaniu jest poprawne wykonanie siewu, zapewniające uzyskanie dobrej obsady roślin oraz pełna kontrola zachwaszczenia. Niewiele niższe koszty produkcji, jak w warunkach uprawy tradycyjnej i mniejsza efektywność energetyczna uprawy uproszczonej, a zwłaszcza siewu bezpośredniego, nie są czynnikami stymulującymi stosowanie uproszczonej uprawy roli w produkcji kukurydzy. Zastosowanie uproszczeń w uprawie roli wymaga od rolnika rozsądnego postępowania, które pozwoliłoby w jak największym stopniu zmniejszyć ich ujemne skutki i w pełni umożliwić wykorzystanie ich zalet.

Literatura

1. Cox W.J., Zobel R.W., van Es H.M., Otis D.J.: Growth development and yield of maize under three tillage systems in the northeastern USA. *Soil Till. Res.*, 1990, **18**: 295-310.
2. Czyż E.: Wpływ systemów uprawy roli na wybrane właściwości fizyczne gleby i plonowanie kukurydzy w monokulturze. *Pam. Puł.*, 2005, **140**: 35-47.
3. Dubas A.: Uprawa kukurydzy w monokulturze i zmianowaniu. *Prace Kom. Nauk Rol. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 1980, **49**: 51-58.
4. Dubas A., Szulc P.: Przyrodnicze efekty stosowania przez kilka lat siewu bezpośredniego kukurydzy uprawianej w monokulturze. *Fragm. Agron.*, 2006, **3**: 27-35.
5. Dzienia S., Sosnowski A.: Możliwości zastosowania siewu bezpośredniego na glebie kompleksu żyniego dobrego w warunkach klimatycznych Pomorza Zachodniego. *Rocz. Nauk Rol.*, Ser. A, 1991, **109(2)**: 157-173.
6. Gonet Z., Zaorski T.: Energochłonność orki w różnych warunkach glebowych. *Pam. Puł.*, 1988, **91**: 137-152.

7. Griffith D. R., Klavdivko E. J., Mannerling J. V.: Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soil. *Agron. J.*, 1988, **80(4)**: 599-605.
8. Jankowiak J., Krasowicz S.: Ekonomiczne i organizacyjne aspekty uprawy kukurydzy w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1997, **450**: 163-183.
9. Kapusta G., Krausz R. F., Matthews J. L.: Corn yield is equal in conventional, reduced, and no-tillage after 20 years. *Agron. J.*, 1996, **88**: 812-816.
10. Machul M., Krasowicz S., Szeleźniak E.: Effect of tillage methods on the economics of grain production of maize grown in monoculture. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1997, **2B**: 435-438.
11. Machul M.: Możliwości zastosowania uproszczonych metod uprawy roli pod kukurydzą na ziarno w trzyletniej monokulturze. *Pam. Puł.*, 1993, **102**: 191-199.
12. Machul M.: Wpływ przedsięwzięcia przygotowania roli na plonowanie kukurydzy uprawianej w pięcioletniej monokulturze. *Pam. Puł.*, 1995, **106**: 47-62.
13. Malicki L., Podstawka-Chmielewska E.: Wpływ systemu uprawy roli na wilgotność wierzchniej warstwy rędziny. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Agricultura*, 1999, **74**: 15-23.
14. Menzel L., Dubas A.: Reakcja kukurydzy uprawianej w monokulturze na uproszczenia w uprawie roli. *Pam. Puł.*, 2003, **133**: 123-134.
15. Mozafar A., Anken T., Ruh R., Frossard E.: Tillage intensity, mycorrhizal and nonmycorrhizal fungi, and nutrient concentrations in maize, wheat, and canola. *Agron. J.*, 2000, **92(6)**: 1117-1124.
16. Nowicki J., Orzech K.: Wpływ zróżnicowanej uprawy gleby średniej na niektóre jej właściwości fizyczne. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 2002, **116(1-4)**: 143-156.
17. Nugis E.: Ocena granicy pochośczenia pri raznogłubinnoi predposievnoi počvoobrabotkie. V Międzyn. Symp. „Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia, ochrony roślin i uprawy gleb”, Warszawa, 1998, 148-154.
18. Pabian J.: Przyczyny powstania i sposoby zapobiegania fizycznej degradacji gleb. *Post. Nauk Rol.*, 2004, **4**: 17-32.
19. Pudełko J., Wright D. L., Wiatrak P.: Stosowanie ograniczeń w uprawie roli w Stanach Zjednoczonych AP. *Post. Nauk Rol.*, 1994, **1**: 153-162.
20. Radeccki A., Opic J.: Metoda siewu bezpośredniego w świetle literatury krajowej i zagranicznej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 1991, **109(2)**: 119-141.
21. Radeccki A.: Studia nad możliwością siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych. *Rozpr. Nauk. i Monogr., SGGW-AR Warszawa*, 1986, ss. 87.
22. Roszkowski A.: Możliwości obniżenia nakładów energetycznych w technologiach kukurydzy i jęczmienia. *IBMER Warszawa*, 1984, ss. 145.
23. Szymankiewicz K.: Badania nad sposobami uprawy roli pod kukurydzą w krótkotrwałej monokulturze. *Rozpr. Nauk., AR Lublin*, 1987, **101**: ss. 69.
24. Weber R.: Wpływ uprawy zachowawczej na ochronę środowiska. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **1**: 57-67.

Adres do korespondencji:

dr Marian Machul
Zakład Uprawy Roślin Pastewnych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 081 886 34 21 w. 355
e-mail: mmachul@iung.pulawy.pl