

Wpływ uproszczonej uprawy roli na efektywność plonowania kukurydzy oraz właściwości biologiczne, fizyczne i chemiczne gleby

Marian Machul

*Zakład Uprawy Roślin Pastewnych,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: mmachul@iung.pulawy.pl*

Słowa kluczowe: uprawa roli, plonowanie kukurydzy, właściwości gleby, zachwaszczenie

Wstęp

Sposób uprawy roli stanowi integralną część systemu produkcji polowej. W XIX i XX wieku [38] system produkcji polowej większości roślin uprawnych powszechnie stosowany na świecie opierał się na wielokrotnym spulchnianiu gleby w ciągu roku, poczynając od przykrycia resztek poźniwnych, a następnie poprzez kilkakrotne mechaniczne niszczenie zachwaszczenia, orkę zimową i cały zespół uprawek przedsięwziętych. W miarę jak zmieniały się systemy produkcji rolniczej również poglądy dotyczące sposobu uprawy gleby ulegały licznym zmianom i modyfikacjom. Zmiany dotyczyły sposobu spulchniania, głębokości i częstotliwości wykonywania zabiegów. Zagadnienia te [44] stanowiły podstawę wielu teorii uprawy, np. Jeana, Malcewa, Owsieńskiego, Sekery, Egereszego i innych. W Europie po pierwszej wojnie światowej aż do lat siedemdziesiątych [44] przeważał pogląd, że głębsze uprawy wpływają korzystnie na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby oraz wzrost plonowania roślin. W tym samym czasie powstawały już zastrzeżenia co do celowości bardzo intensywnego spulchniania gleby, zwłaszcza gdy stwierdzono, że nie wykonanie pewnych zabiegów w praktyce, przy zastosowaniu przemysłowych środków produkcji, takich jak nawozy i pestycydy, nie powoduje obniżenia plonów roślin. Spostrzeżenia te doprowadziły do zmiany poglądów odnośnie sposobu uprawy roli. Ponadto

zmieniały się warunki prowadzenia produkcji roślinnej. Na skutek intensyfikacji produkcji i zmiany sposobów zbioru roślin uległ skróceniu czas potrzebny na wykonanie uprawy przedsiewnej. Poszukiwano więc takich rozwiązań, które byłyby tańsze i nie obniżały plonów roślin. Takim warunkom odpowiadają uproszczenia, które najczęściej polegają na spłycaaniu uprawy lub ograniczeniu liczby zabiegów, aż do zupełnej ich eliminacji w tzw. uprawie zerowej.

Dominującym sposobem uprawy roli we wszystkich systemach produkcji rolniczej jest uprawa płuzna i to niezależnie od warunków glebowych i ekonomicznych. Jest najtrwalszym i najbardziej rozpowszechnionym sposobem przygotowania roli do siewu w każdej strefie klimatycznej, zarówno w warunkach ekstensywnej, jak i intensywnej uprawy roślin. Ma ona wiele zalet i bardzo dobrze opracowane podstawy teoretyczne. Radecki [37, 38] 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 płuzna jest jednak kosztowna i energochłonna, gdyż pochłania 25–40% całkowitych nakładów na produkcję roślinną [3, 12, 13]. W uprawie kukurydzy, jak podaje Roszkowski [39] na orkę przypadało około 30% nakładów robocizny i energii mechanicznej.

W Polsce stosuje się prawie wyłącznie uprawę płuzną. Chociaż w określonych przypadkach można z powodzeniem zastosować uprawę uproszczoną, a nawet siew bezpośredni kukurydzy [10, 15, 25]. Natomiast w Stanach Zjednoczonych, w Wielkiej Brytanii i na terytorium byłej Czechosłowacji prowadzi się uprawę bezorkową [38, 44]. Kukurydza była pierwszą rośliną, którą zaczęto wysiewać bez uprawy roli i obecnie powszechnie jest tak uprawiana w Stanach Zjednoczonych i innych krajach klimatu ciepłego, w których siew bezpośredni stał się już techniką powszechnie stosowaną [5, 26, 37, 38, 44].

Plonowanie kukurydzy

Wyniki licznych badań [10, 19, 28, 29, 41, 44, 45, 48, 49] wskazują, że sposób uprawy roli ma istotny wpływ na plony kukurydzy. Analiza prac nad wpływem intensywności uprawy roli na plonowanie kukurydzy wskazuje na dużą rozbieżność uzyskanych rezultatów. W literaturze przeważa stwierdzenie, że stosowanie uprawy uproszczonej, a zwłaszcza uprawy zerowej [4, 8, 9, 14, 16, 18, 19, 22, 24, 28, 29, 41, 44] prowadziło do istotnych obniżek plonu ziarna i słomy kukurydzy. Na wielkość plonów ziarna duży wpływ miał też przebieg pogody w poszczególnych latach. Dzienia i Sosnowski [10] podają, że w latach ciepłych kukurydza lepiej plonowała po zastosowaniu siewu bezpośredniego, a w latach chłodnych i wilgotnych po uprawie płuznej.

Spadek plonów może być również wynikiem uprawy kukurydzy w monokulturze. Prace Dubasa [9] i Machula [29] wskazują, że ujemny wpływ uprawy w monokulturze na plonowanie kukurydzy uwidacznia się najczęściej po trzecim roku.

Według Griffitha i in. [16] oraz Machula [29] obniżka plonu ziarna w warunkach siewu bezpośredniego sięgała odpowiednio 9,2 i 9,4% w stosunku do pełnej uprawy płużnej. Z kolei w badaniach Menzela i Dubasa [31] pominięcie orki przez pięć kolejnych lat obniżało plon aż o 15,8%. Również uproszczenie uprawy roli polegające na zastąpieniu orki talerzowaniem powodowało obniżkę plonu ziarna o 6,2% [29], podobnie jak w innych badaniach [44] zastosowanie glebogryzarki zamiast orki. Przyczyną spadku plonu ziarna zarówno w warunkach bez orki, jak i z uprawą uproszczoną [5, 9, 14, 29, 31] była mniejsza obsada roślin, a w konsekwencji mniejsza liczba kolb uzyskanych z jednostki powierzchni. Wyniki pięcioletnich badań Machula [29] wskazują, iż w obiekcie z tradycyjną uprawą obsada roślin wynosiła 91 tys. na 1 ha, z uprawą uproszczoną zaś i bez uprawy mechanicznej była mniejsza odpowiednio o 5,9 i 10,8 tys. na 1 ha. Również liczba kolb uzyskanych w warunkach uprawy uproszczonej oraz siewu bezpośredniego była mniejsza o 6,4 i 8,1 tys. z 1 ha w porównaniu z otrzymaną w obiekcie z uprawą tradycyjną (tab. 1). Podobnie Menzel i Dubas [31] stwierdzili mniejszą o około 10% liczbę roślin po wschodach w warunkach siewu bezpośredniego. Wpływ na słabszą obsadę roślin prawdopodobnie mogły mieć pogarszające się właściwości gleby: zwiększenie się zwięzłości gleby i zmniejszenie pojemności kapilarnej objętościowej – na co zwracają uwagę Menzel, Dubas [31] i Szymankiewicz [44, 45] – oraz gorsze warunki wzrostu młodych siewek z powodu niższej temperatury gleby i obecności fitotoksyn [14].

Sposób uprawy przedsewnej nie wpływał na masę 1000 ziaren kukurydzy i liczbę ziaren w kolbie [29, 31]. W obiektach z siewem bezpośrednim stwierdzono o 1–2% większą wilgotność ziarna kukurydzy w czasie zbioru.

Tabela 1. Niektóre elementy struktury plonu ziarna kukurydzy w zależności od sposobu uprawy roli [29]

Wyszczególnienie	Sposób uprawy			NIR _{α = 0,05}
	tradycyjny	uproszczony*	siew bezpośredni	
Plon ziarna [t · ha ⁻¹]	7,64	7,17	6,92	0,321
Liczba roślin [tys. · ha ⁻¹]	91,2	85,3	80,4	3,04
Liczba kolb [tys. · ha ⁻¹]	77,2	70,8	69,1	7,04
Masa 1000 ziarn [g]	256	262	257	r.n.
Liczba ziaren w kolbie	374,2	373,3	373,8	r.n.
Wilgotność ziarna w czasie zbioru [%]	33,3	33,6	34,5	0,79

* – bez orki, wiosną – spalchnienie talerzówką

Przyczyną niższych plonów [19, 41, 44–46] w warunkach bez uprawy mechanicznej było zwiększone zachwaszczenie kukurydzy. Także w warunkach uprawy uproszczonej [44, 45] niższe plony były skutkiem zwiększonego zachwaszczenia ładu.

Wcześniejsze badania Jonesa i in. [21] wskazują, że plony ziarna kukurydzy otrzymane w systemie bez uprawy mechanicznej roli są porównywalne z uzyskanymi przy tradycyjnej uprawie płuźnej, a w niektórych latach nawet większe. Także Sosnowski [42] otrzymał podobne plony bez względu na sposób uprawy roli i tłumaczy to większą o 4–27% wilgotnością gleby nieuprawianej przed siewem kukurydzy w porównaniu z uprawianą tradycyjnie. Większa wilgotność gleby w okresie wegetacji roślin, mogła korzystnie wpłynąć na plonowanie, mimo pogorszenia się innych właściwości fizycznych gleby nieuprawianej. Z kolei Torbert i in. [48] uzyskali wyższe plony biomasy i ziarna kukurydzy na uprawie zerowej. Podobnie Gromadziński i Dąbrowski [15] otrzymali wyższe plony suchej masy kukurydzy uprawianej (w plonie wtórnym po życie poplonowym) w warunkach siewu bezpośredniego niż przy uprawie tradycyjnej. Zaniechanie przewidzianej uprawy roli umożliwiło bowiem przyspieszenie terminu siewu kukurydzy o 7–10 dni, a w konsekwencji uzyskanie wyższego o ok. 19% plonu ogólnego suchej masy i suchej masy kolb.

Wyniki dotyczące plonowania roślin w uprawie uproszczonej i po siewie bezpośrednim czasem są tylko pozornie rozbieżne [46]. Rozbieżności te w wielu przypadkach wynikają z prowadzenia badań w różnych warunkach ekologicznych i przy różnym zabezpieczeniu w środki kompensacyjne (nawozy i herbicydy).

Wyniki ekonomiczne stosowania uproszczonej uprawy roli w porównaniu z uprawą tradycyjną są rozbieżne, podobnie jak wyniki w plonowaniu roślin, gdyż efekty ekonomiczne są uzależnione od wysokości plonów. Pudełko i in. [36] podają, iż notowano zarówno dodatni wynik ekonomiczny stosowania siewów bezpośrednich, jak i ujemny. Doster i Philips (cyt. za Radecki i Opic [37]) uzyskali wyraźne obniżenie kosztów ogólnych przy stosowaniu siewu bezpośredniego w porównaniu z uprawą tradycyjną. Wright (cyt. za Pudełko i in. [36]) podaje, że przy siewach bez uprawy roli większe są nakłady na herbicydy, nasiona i nawozy, natomiast przy uprawie tradycyjnej – na robociznę, energię i maszyny. Robertson i Mokma (cyt. za Radecki i Opic [37]) wykazali, że przy uprawie kukurydzy metodą tradycyjną zużycie paliwa wynosiło 4,27 galonów na akr, a wykonując siew bezpośredni zaledwie 0,74 galona na akr. Stosunkowo szybkie odchodzenie od tradycyjnej uprawy w Stanach Zjednoczonych wskazuje, że w tych warunkach przyrodniczo-ekonomicznych, przy posiadanych środkach produkcji i relacji cen między nimi a produktami rolnymi, ograniczenie uprawy roli jest celowe i korzystne. Również w warunkach rolnictwa byłej Czechosłowacji obliczenia wskazują na zmniejszenie nakładów pracy ludzkiej i energii w technologii siewu bezpośredniego [37].

Menzel i Dubas [31] 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. Z kolei Jankowiak i Krasowicz [20] oraz Machul i in. [27] podają, że w warunkach naszego rolnictwa, stosowanie uproszczeń aż do siewu bezpośredniego włącznie zmienia poziom i strukturę kosztów bezpośrednich, nie zmieniając w sposób wyraźny kosztów produkcji 1 dt ziarna kukurydzy.

Właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby

Równoległe z oceną plonowania roślin w warunkach zróżnicowanej uprawy, w wielu badaniach określano zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleby [2, 10, 14, 19, 29, 33, 37, 38, 42, 44, 45]. Wyniki prezentowane w literaturze, dotyczące zawartości wody w glebie w zależności od sposobu uprawy roli nie są jednoznaczne. Przeważa jednak pogląd o większej zawartości wody na obiektach z siewem bezpośrednim niż na obiektach z typową uprawą płużną.

Szymankiewicz [44] przeprowadził szeroko zakrojone badania nad wpływem sposobu corocznej uprawy przedsiębiernej w czteroletniej monokulturze, na tle trzech różnych wariantów uprawy wyjściowej, na właściwości fizyczne i chemiczne gleby. 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 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 obiektu kontrolnego. Sposób uprawy z wyjątkiem obiektu, na którym użyto glebogryzarki, nie wywierał istotnego wpływu na zmiany zapasu wody w poszczególnych warstwach badanego profilu gleby. Uprawa uproszczona (glebogryzarka) przyczyniła się do wzrostu wilgotności tylko w warstwie gleby 0–20 cm o 1,9 mm (1,7%) w stosunku do obiektu z uprawą typową. Z kolei Radecki [38] podaje, że zaniechanie uprawy roli w zmianowaniu także nie powodowało wyraźnych zmian zawartości wody i powietrza w glebie po zbiorze jęczmienia i żyta. Stwierdził jednak tendencję obniżenia wilgotności na polu, na którym stosowano siew bezpośredni przez cztery lata, zwłaszcza w warstwie 10–20 cm.

Wzrost wilgotności gleby, przy stosowaniu ograniczonej lub zerowej uprawy roli wykazali Daniel (1991), Dillaha i in. (1988), Golabi i in. (1988) oraz Some i in. (1992) (cyt. za Pudełko i in. [36]). Wzrost ten następuje wskutek zwiększenia udziału makroporów, 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 mulczu na powierzchni. Różnice wyraźniej występują w latach lub regionach suchych. W latach wilgotnych, o dużej ilości opadów na ogół nie stwierdza się różnic w zawartości wody w glebie. Natomiast Malicki i Podstawka-Chmielewska [30] zwracają uwagę na rolę,

jaką w kształtowaniu uwilgotnienia gleby odgrywa roślina; wg nich inaczej układają się stosunki wodne pod bobikiem i jęczmieniem jarym, a jeszcze inaczej pod pszenicą ozimą.

Szymankiewicz [44] uważa, że uproszczona uprawa oddziałuje niekorzystnie na większość badanych cech gleby. Uprawa bezorkowa i glebogryzarką zdecydowanie podnosiła zwięźłość gleby o około 32% i zmniejszała pojemność kapilarną objętościową średnio o 1,9%. Zróżnicowanie tych parametrów – co wydaje się oczywiste – zależało od roku i terminu oznaczeń. Także Dzieńka i Sosnowski [10] podają, że zastosowanie siewu bezpośredniego spowodowało wzrost zwięźłości gleby o 24–100% w stosunku do uprawy płuźnej. Zwięźłość gleby i porowatość w badaniach Radeckiego [38] wykazały małe zróżnicowanie pod wpływem uprawy roli (pod różne gatunki roślin rolniczych), a równocześnie wyraźnie widoczne były zmiany tych cech w okresie wegetacji roślin, często przekraczające różnice między obiektami uprawowymi. Stwierdzono większą zwięźłość gleby w obiektach bez uprawy roli, zwłaszcza w głębszych poziomach warstwy ornej. Ponadto zwięźłość gleby nie zależała od liczby lat bez uprawy roli.

Istotnym czynnikiem decydującym o powodzeniu uproszczonych sposobów uprawy roli jest rodzaj gleby i jej zagęszczenie. Zarówno gęstość gleby jak i zwięźłość są wielkościami zmieniającymi się w zależności od składu granulometrycznego i wilgotności gleby [35]. Gęstość i zwięźłość gleby skorelowana jest negatywnie z ilością części spławialnych, a dodatnio z wilgotnością. Nugis [34] zauważa, że im gleba lżejsza tym optymalna jej gęstość jest wyższa. Ważne jest utrzymanie gleby w takim stanie fizycznym, który by umożliwił korzeniom penetrację i wykorzystanie składników pokarmowych i wody. Przy wzroście zagęszczenia gleby mogą występować gorsze wschody roślin i obniżenie ich plonowania. Radecki i Opic [37] podają, że sposób uprawy wpływa na gęstość gleby (ciężar objętościowy). Porównując pola, na których stosowano siew bezpośredni i pola z uprawą płuźną stwierdzono większą gęstość na polach bez uprawy i różnice te dochodziły do $0,3\text{--}0,4\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Także Dzieńka i Sosnowski [10] stwierdzili większą gęstość gleby o 2–16% w stosunku do uprawy tradycyjnej. Wyraźne zwiększenie zagęszczenia gleby [37] odbijało się na układzie porowatości; następowało zmniejszenie porowatości ogólnej tam, gdzie stosowano siew bezpośredni. Zmniejszenie porowatości po siewie bezpośrednim następuje wskutek zmniejszenia ilości porów kapilarnych dużych – $30\text{ }\mu\text{m}$ oraz zwiększenia ilości porów – $3\text{ }\mu\text{m}$. Równocześnie obserwowano zwiększenie liczby porów bardzo dużych niekapilarnych, bardzo istotnych ze względu na stosunki powietrzne w glebie [37]. Gantzer, Blake (cyt. za Radecki i Opic [37]), po sześciu latach stosowania siewu bezpośredniego, na bardzo ciężkiej glebie, stwierdzili dwukrotnie więcej makroporów o średnicy powyżej 6 mm i trzykrotnie więcej o średnicy 1 mm na obiekcie z siewem bezpośrednim, w porównaniu z obiektem z tradycyjną uprawą.

Z kolei Szymankiewicz [44] podaje, że uprawy uproszczone tj. bezorkowa i glebogryzarką stosowane przez cztery lata, nie różnicowały gęstości i porowatości ogólnej

Tabela 2. Właściwości fizyczne gleby w zależności od sposobu uprawy roli [44]

Wyszczególnienie	Porowatość ogólna [%]	Pojemność kapilarna [% wagowe]	Gęstość gleby [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]
Sposób uprawy			
typowa	35,0	17,9	1,71
bezorkowa	34,7	17,0	1,72
glebogryzarką	34,1	17,4	1,73
pogłębiona	36,1	18,9	1,68
$\text{NIR}_{(\alpha = 0,05)}$	r.n.	0,6	0,02
Głębokość [cm]			
0–20	36,1	18,6	1,67
20–40	34,5	17,8	1,72
40–60	34,2	17,0	1,74
$\text{NIR}_{(\alpha = 0,05)}$	0,9	0,5	0,01

gleby w porównaniu z uprawą typową (tab. 2). Natomiast obie te cechy zmieniały się wraz z głębokością. Gęstość gleby wzrastała wraz z głębokością, porowatość warstwy gleby 0–20 cm zaś była wyższa niż w warstwach 20–40 i 40–60 cm. Również Radecki [38] wykazuje, iż sposób uprawy roli miał niewielki wpływ na stopień zagęszczenia gleby i jej porowatość. Obie te cechy wykazywały wyraźnie widoczne zmiany w okresie wegetacji roślin, które często były większe niż różnice między obiektami uprawowymi. W warstwie górnej (0–10cm) uzyskane różnice gęstości gleby, w okresie po zbiorze roślin, między obiektem oranym i bez orki wynosiły zaledwie $0,02\text{--}0,06 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, a w okresie wegetacji roślin $0,07\text{--}0,12 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Nie stwierdzono różnic w stopniu zagęszczenia między pierwszym i ostatnim rokiem zróżnicowania uprawy. Także zmiany porowatości na obiekcie bez uprawy mechanicznej nie nasilały się w miarę przedłużania czasu stosowania takiego systemu uprawy roli [38]. Badania te przeprowadzono na czarnej ziemi właściwej, a uzyskane wyniki świadczą o dużej zdolności tej gleby do samoregulacji zagęszczenia i utrzymania jej naturalnego układu. Podobnie Nowicki i Orzech [33] podają, że w trzyletnich badaniach, sposoby uprawy (płużna, kultywatorowa i siew bezpośredni) niezbyt wyraźnie różnicowały gęstość gleby średniej. Także Johnson (cyt. za Pudełko i in. [36]) w dziesięcioletnich badaniach z soją nie wykazał różnic w gęstości gleby między różnymi systemami uprawy.

W badaniach nad sposobami przedsięwziętego przygotowania gleby uwzględniono także strukturę gruzełkową gleby, jako czynnik zapewniający możliwość prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Zwracono uwagę na wielkość agregatów glebowych i ich stabilność. W składzie agregatowym gleby [38] nie stwierdzono istotnych zmian między obiektem z uprawą płużną i siewem bezpośrednim, a kilkakrotne wykonanie siewu bezpośredniego nie pogarszało stanu agregatowego. Większe różnice

spowodowane były warunkami klimatycznymi i wilgotnością gleby niż długością okresu bez uprawy mechanicznej. Stosowanie siewu bezpośredniego [14, 36–38] powodowało wyraźne zwiększenie ilości dużych agregatów i ich trwałości w górnych warstwach gleby. Radecki i Opic [37] podają, że po 11 latach zaniechania orki w warstwie 0–5 cm średnica gruzelka wynosiła 1,52 mm, podczas gdy na obiekcie z orką za ledwie 0,98 mm.

Właściwości chemiczne gleby wskazują na wyraźną zależność od intensywności uprawy roli. W warunkach uproszczonej uprawy i siewu bezpośredniego obserwuje się wyraźne gromadzenie substancji organicznej w górnych poziomach warstwy ornej i zmniejszenie się w głębszych [1, 2, 10, 29, 38,]. Alvarez i in. [1] stwierdzili, że akumulacja masy organicznej w górnej warstwie gleby (do 5 cm) w warunkach bez uprawy, po 12 latach zwiększała zawartość węgla organicznego o 42–50% w stosunku do uprawy płuźnej. Także Blevins i in. [2] podają, że po 10 latach uprawy kukurydzy systemem bezorkowym, w porównaniu z tradycyjnym, zawartość masy organicznej w warstwie 0–5 cm wzrosła dwukrotnie. Badania własne autora [29] wskazują, że zmiany zawartości próchnicy związane były nie tylko ze sposobem uprawy roli ale i z typem gleby. W glebie brunatnej, bez względu na sposób uprawy przedsiębiernej, obserwowano zwiększoną zawartość próchnicy w warstwie 0–30 cm, w madzie zaś przy uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim w warstwie 0–10 cm. Większy przyrost próchnicy wystąpił w glebie brunatnej niż w madzie. Natomiast zmniejszenie się zawartości próchnicy obserwowano w głębszych warstwach obu gleb w warunkach bez uprawy mechanicznej, z tym że w glebie brunatnej dotyczyło to warstwy 30–40 cm, a w madzie warstwy 20–40 cm. Z kolei Szymankiewicz [44] stwierdza, iż zróżnicowane uprawy coroczne nie powodowały zmian zawartości próchnicy.

Śmierzchalski [46] uważa, że zmiany zawartości substancji organicznej – polegające na zwiększeniu jej zawartości w górnej warstwie gleby i zmniejszeniu w dolnej, traktować można jako niekorzystne zjawisko przekształcania profilu glebowego.

Pod wpływem sposobu uprawy przedsiębiernej zmienia się odczyn gleby. W wyniku corocznego stosowania siewu bezpośredniego obserwuje się zakwaszenie gleby, zwłaszcza w górnej jej warstwie [10, 29, 38]. Badania Radeckiego [38] wskazują, że po 10 latach pH gleby obniżyło się o 1,0–1,5 na polach z orką, o 1,5–2,0 na polach z płytką uprawą glebogryzarką i 1,5–2,5 tam, gdzie stosowano siew bezpośredni. Podobne wyniki uzyskał Machul [29] na dwóch typach gleb, a silniejsze zakwaszenie dotyczyło warstwy 0–10 cm. Odczyn gleby brunatnej uprawianej tradycyjnie po pięciu latach zmniejszył się o 0,7, uprawianej sposobem uproszczonym o 0,9, a w nie uprawianej mechanicznie – o 1,3. Odczyn mady obniżył się odpowiednio o 0,4; 0,6 i 1,1. Zakwaszenie to najprawdopodobniej spowodowane jest powierzchniowym wnośzeniem nawozów mineralnych oraz płytszym rozmieszczeniem systemu korzeniowego i jednostronnym zubożeniem górnych poziomów w niektóre pierwiastki [38, 40].

Wieloletnie stosowanie siewu bezpośredniego powoduje także zwiększenie zawartości przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu, w górnych poziomach warstwy

omej, w porównaniu z uprawą tradycyjną [10, 29, 38]. Podobne wyniki w odniesieniu do fosforu uzyskał także Szymankiewicz [44]. Podaje on jednak, że sposób uprawy roli nie miał wpływu na zawartość potasu i magnezu w glebie. Stwierdził natomiast znaną ogólnie 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 roli lub przy stosowaniu ograniczonej uprawy w porównaniu z uprawianą tradycyjnie tłumaczy się mniejszym ich wymywaniem i mniejszą erozją [36].

Uproszczenia w uprawie roli wpływają na życie biologiczne gleby. Zachodzą zmiany, które dotyczą makro- i mikroorganizmów glebowych, ich aktywności i rozmieszczenia w środowisku glebowym. Mikroflora i mikrofauna gleby mogą niwelować lub znacznie ograniczać ujemne skutki zmian właściwości fizycznych gleby [37]. W większości prac stwierdza się, że w obiektach z siewem bezpośrednim występuje większa liczebność takich zwierząt glebowych, jak roztocze czy dżdżownice. 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 [15, 23, 50]. Na 1 ha powierzchni rolniczej żyje około 9,5 milionów dżdżownic [50], a uprawa zachowawcza (siew w mulcz) w porównaniu z tradycyjnymi metodami powoduje wzrost populacji dżdżownic w warstwie uprawnej gleby. House i Parmelee [17] w glebie nie uprawianej stwierdzili 50 dżdżownic na 1 m² – przy zupełnym ich braku w glebie uprawianej. Z kolei Ehlers (cyt. za Radecki i Opic [37]) wykazał wielokrotnie więcej makroporów o średnicy 2–11 mm pozostawionych 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 [37].

Sposób uprawy różnicuje nie tylko ilość makro- ale i mikroorganizmów w środowisku glebowym. Jeden gram gleby czynnej biologicznie może zawierać 3 miliardy bakterii [50]. Intensywna uprawa roli powoduje zachwianie równowagi biologicznej. Natomiast konserwująca uprawa uaktywnia życie biologiczne górnych warstw gleby, zwiększając znacznie liczebność mikroorganizmów i nicieni. W warunkach bez uprawy, jak podaje Alvarez i in. [1] biomasa mikroorganizmów w glebie (w $\mu\text{g C}$ na 1 g gleby), w warstwie 0–5 cm była dwukrotnie większa niż w obiekcie z uprawą płużną.

Wieloletnia uprawa uproszczona wpływa także na populację grzybów w środowisku glebowym. Wskaźnikiem obecności grzybów jest ergosterol, związek z grupy steroli występujący w tkankach grzybów, którego poziom jak podaje Eash i in. (cyt. za Karlen i in. [23]), pozostaje w ścisłej relacji do masy grzybów. Wyższa zawartość grzybów w środowisku glebowym powoduje wzrost stabilności agregatów glebowych.

Sposób uprawy wpływa na aktywność grzybów współżyjących z korzeniami roślin i grzybów patogenicznych znajdujących się w glebie. Uproszczona uprawa powoduje wzrost zasiedlenia korzeni roślin przez grzyby mikoryzowe. Także korzenie kukurydzy jak podaje Mozafar i in. [32] w warunkach uprawy zerowej były bardziej kolonizowane przez grzyby mikoryzowe, a w mniejszym stopniu przez grzyby nieżyjące w mikoryzie. Ponadto na korzeniach roślin w obiektach bez uprawy stwierdzono istotnie więcej grzybów niż w obiektach z uprawą płuzną. Zasiedlenie korzeni kukurydzy przez grzyby (w % długości korzeni) wynosiło odpowiednio 26,3 i 16,5.

Intensywność uprawy roli wpływa na koncentrację niektórych składników pokarmowych w roślinach. W warunkach zredukowanej uprawy, przy wzroście infekcji grzybów na korzeniach, większe jest pobranie składników pokarmowych przez rośliny. Zmiany zawartości składników w kukurydzy stwierdzone przez Mozafara i in. [32] w warunkach uproszczonej uprawy, były spowodowane zmianą aktywności różnych grzybów zasiedlających korzenie roślin. W roślinach kukurydzy pochodzących z obiektów bez uprawy zawartość P, Zn, i Cu była wyższa, niż w roślinach z obiektów o uprawie konwencjonalnej [32]. Natomiast we wczesnych fazach wzrostu koncentracja Ca i Mn w kukurydzy była większa w warunkach uprawy tradycyjnej.

Oprócz zmian w liczebności drobnoustrojów wskaźnikami biologicznej aktywności gleby są enzymy, biorące czynny udział w procesach rozkładu i syntezy w środowisku glebowym. Takimi enzymami są dehydrogenazy, których aktywność koreluje z zawartością substancji organicznej w glebie. W swoich badaniach Doran [7] wykazał istotnie większą aktywność dehydrogenaz w powierzchniowej warstwie gleby, na której stosowano siew bezpośredni niż w obiektach, na których stosowano uprawę konwencjonalną. W warstwach głębszych natomiast stwierdzono tendencję odwrotną.

Innym enzymem, który służy do określania zmian zachodzących w glebie jest ureaza. Jest to enzym, którego aktywność świadczy o prawidłowej gospodarce azotem. Dick [6] podaje, że po kilkunastu latach nieprzerwanej uprawy zerowej nastąpił ponad 5-krotny wzrost aktywności ureolitycznej w górnej warstwie 0–7,5 cm gleby w porównaniu z obiektami, na których prowadzono coroczną uprawę tradycyjną (tab. 3).

Tabela 3. Aktywność enzymatyczna górnych poziomów warstwy uprawnej po długotrwałej uprawie tradycyjnej i zerowej [6]

Enzymy	Uprawa	
	tradycyjna	zerowa
Ureaza	77	367
Amidoza	16,4	29,9
Inwertaza	63	134
Fosfataza zasadowa	83	110
Fosfataza kwasowa	122	188

Zachwaszczenie

W literaturze przeważa pogląd, że stosowanie ograniczeń w uprawie roli, a zwłaszcza całkowite zaniechanie uprawy mechanicznej powoduje wzrost zachwaszczenia; zwiększenie liczebności i masy chwastów [19, 28, 38, 44]. Wzrost liczby chwastów, jak podaje Szymankiewicz [44], na obiekcie bezorkowym w stosunku do uprawy typowej wyniósł: jednoliściennych 96%, dwuliściennych zaś 15%, na obiekcie uprawianym glebogryzarką liczba wszystkich chwastów zwiększyła się o 43,1%. Również w badaniach Machula [28] i Radeckiego [38] sucha masa chwastów w obiektach bez uprawy mechanicznej i z uprawą uproszczoną była od dwóch do trzech razy większa niż w uprawie tradycyjnej.

Radecki [38] 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 zwiększało masę chwastów rocznych dwuliściennych, pomimo stosowania dostępnych herbicydów. Prawie czterokrotny wzrost masy chwastów na obiekcie z dwukrotnym wykonanym siewem bezpośrednim [38] spowodowany był praktycznie przez jeden gatunek *Echinochloa crus-galli*, co potwierdza hipotezę, że rośliny z rodziny *Graminae* rozwijają się szczególnie dobrze w warunkach braku mechanicznej uprawy roli. Z kolei w innych badaniach [28], w obiektach bez uprawy jak i z uproszczoną uprawą najliczniej reprezentowane były takie gatunki chwastów, jak: *Cirsium arvense*, *Agropyron repens*, *Stellaria media*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum* oraz *Equisetum arvense*. Natomiast Szymankiewicz [44] stwierdza, że sposób uprawy roli nie miał istotnego wpływu na skład gatunkowy dominujących chwastów jednoliściennych i dwuliściennych oraz wieloletnich i krótkotrwałych. Brak modyfikującego oddziaływania zróżnicowanej uprawy roli na skład gatunkowy chwastów w kukurydzy tłumaczy tym, że czteroletni okres badań jest zbyt krótki, by zmienić ustabilizowany przez wiele lat na danej glebie skład gatunkowy zbiorowiska chwastów.

W piśmiennictwie znane są też wyniki Johnsona (cyt. za Pudełko i in. [36]) wskazujące, że nawet po 10 latach nieuprawiania roli nie stwierdzono różnic w zachwaszczeniu w porównaniu z uprawianą tradycyjnie.

Czynnikiem warunkującym uzyskanie dobrych plonów kukurydzy przy stosowaniu uproszczeń uprawowych jest prowadzenie skutecznej walki z zachwaszczeniem. Jest to możliwe, gdyż wiele firm chemicznych wprowadziło na rynek herbicydy, które są przydatne zwłaszcza przy stosowanych ograniczeniach w uprawie roli. Poprzez ich umiejętne zastosowanie można utrzymać pole w stanie wolnym od chwastów nawet przez kilkuletni okres wykonywania siewu bezpośredniego. Worsham i Lewis (cyt. za Pudełko i in. [36]) uważają, że rozwiązanie problemu zachwaszczenia miało podstawowe znaczenie w rozpowszechnianiu się uproszczeń w uprawie roli. Ponadto w świecie kładzie się znaczny nacisk na badanie biologicznych metod zwalczania chwastów. Pudełko [36] podaje, że zachwaszczenie zmniejsza allelopatyczne działanie mulczu

z roślin uprawianych w przedplonie. Else i Ilnicki [11] są zdania, że mulcz z żyta zabezpiecza kukurydzę przed zachwaszczeniem bardzo skutecznie i przy jego występowaniu nie wymaga się stosowania herbicydów do jej odchwaszczania. Mulczowanie gleby jak podaje Swan i in. [43] może powodować zwiększenie wilgotności ziarna kukurydzy, jakkolwiek nie zostało to potwierdzone w innych badaniach [29].

Podsumowanie

Sposób uprawy roli wpływa na poziom plonów kukurydzy. Na ogół uproszczona uprawa powoduje obniżkę plonów. Przyczyną obniżki jest mniejsza obsada roślin, a w konsekwencji i mniejsza liczba kolb z jednostki powierzchni. Wieloletnie stosowanie uprawy uproszczonej, a szczególnie siewu bezpośredniego, powoduje niekorzystne zmiany właściwości chemicznych i fizycznych gleb. Następuje wówczas zakwaszenie górnej warstwy oraz nagromadzenie się tylko w tej warstwie fosforu, potasu i magnezu. Pozytywną zmianą jest natomiast wzrost zawartości próchnicy, lecz dotyczy on powierzchniowej warstwy gleby. Wyeliminowanie mechanicznej uprawy roli powoduje najczęściej zwiększenie zwięzłości i gęstości gleby oraz zmniejszenie porowatości ogólnej i pojemności kapilarnej objętościowej w porównaniu z uprawą typową. Uproszczenia w uprawie roli wpływają także na życie biologiczne gleby. Powodują zmiany w liczebności, aktywności i rozmieszczeniu organizmów żywych w środowisku glebowym. Ograniczona uprawa, a zwłaszcza zaniechanie uprawy mechanicznej, powoduje wzrost zachwaszczenia kukurydzy, głównie gatunkami wieloletnimi. W warunkach Polski istnieje możliwość stosowania pod kukurydzę uproszczonej uprawy roli aż do uprawy zerowej włącznie, na glebach będących w dobrej kulturze. W naszych warunkach uprawa zerowa nie będzie zapewne dominującym sposobem uprawy roli pod kukurydzę. Czynnikiem decydującym o jej stosowaniu jest poprawne wykonanie siewu, zapewniające uzyskanie dobrej obsady roślin oraz pełna kontrola zachwaszczenia.

Literatura

- [1] Alvarez R., Diaz R.A., Barbero N., Santanatoglia O.J., Blotta L. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil Till. Res.* 33: 17–28.
- [2] Blevins R.L., Smith M.S., Thomas G.W., Frye W.W. 1983. Influence of conservation tillage on soil properties. *J. Soil Water Conserv.* 38: 301–307.
- [3] Brzozowski B., Kuczek L., Otoliński E. 1983. Nakłady pracy i energii mechanicznej na produkcję ziarna kukurydzy i jęczmienia jarego w wybranych gospodarstwach indywidualnych. *Pam. Puł.* 81: 183–193.

- [4] Burgess S.M., Mehuys G.R., Madramootoo C.A. 1996. Tillage and crop residue effects on corn production in Quebec. *Agron. J.* 88: 792–796.
- [5] Cox W.J., Zobel R.W., van Es H.M., Otis D.J. 1990. Growth development and yield of maize under three tillage systems in the northeastern USA. *Soil Till. Res.* 18: 295–310.
- [6] Dick W.A. 1984. Influence of long-term tillage and crop rotation combination on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 569–574.
- [7] Doran J.W. 1975. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 26: 53–61.
- [8] Drury C.F., Tan C., Welacky T.W., Oloya T.O., Hamill A.S., Weaver S.E. 1999. Red clover and tillage influence on soil temperature, water content and corn emergence. *Agron. J.* 91: 101–108.
- [9] Dubas A., Menzel L. 1999. Uprawa kukurydzy w systemie bezorkowym po różnych przedplonach. *Folia Universitatis Agricultrae Stetinensis 195, Agricultura.* 74: 147–155.
- [10] Dzienia S., Sosnowski A. 1991. Możliwości zastosowania siewu bezpośredniego na glebie kompleksu żytniego dobrego w warunkach klimatycznych Pomorza Zachodniego. *Rocz. Nauk Rol.* 109(2): 157–173.
- [11] Else M.J., Ilnicki R.D. 1989. Crop and mulch system effects upon weed in corn. *WSSA Abstr.* 29–68.
- [12] Gonet Z., Zaorski T. 1988. Energochłonność orki w różnych warunkach glebowych. *Pam. Puł.* 91: 137–152.
- [13] Gonet Z., Zaorski T. 1982. Metodyka oceny energochłonności procesów technologicznych w produkcji roślinnej na przykładzie uprawy roli. *Nowe Rol.* 6: 19–22.
- [14] Gregorich E.G., Reynolds W.D., Culley J.L.B., McGovern M.A., Curnoe E.E. 1993. Changes in soil physical properties with depth in a conventional tilled soil after no-tillage. *Soil Till. Res.* 26: 289–299.
- [15] Gromadziński A., Dąbrowski T. 1985. Wpływ uproszczenia uprawy i nawożenia gnojowicą na plonowanie kukurydzy w plonie wtórnym po życie na zielonkę. *Pam. Puł.* 86: 147–160.
- [16] Gryffith D.R., Kladiwko E.J., Mannering J.V. 1988. Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soil. *Agron. J.* 80(4) 599–605.
- [17] House G.J., Parmelee R.W. 1985. Comparison of soil arthropods earthworms from conventional and no-tillage agroecosystem. *Soil Till. Res.* 5: 351–360.
- [18] Ismail I., Blevins R.L., Frye W.W. 1994. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 193–198.
- [19] Jabłoński B. 1980. Wpływ różnych wariantów uprawy roli pod zboża i kukurydzę na wysokość plonów i właściwości gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 227: 231–238.
- [20] Jankowiak J., Krasowicz S. 1997. Ekonomiczne i organizacyjne aspekty uprawy kukurydzy w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 450: 163–183.
- [21] Jones J.N., Moody J.E., Shear G. M., Moschler W.W., Lillard J.H. 1968. The no-tillage system for corn (*Zea mays* L.) *Agron. J.* 60(1): 17–20.
- [22] Kapusta G., Krausz R.F., Matthews J.L. 1996. Corn yield is equal in conventional, reduced, and no-tillage after 20 years. *Agron. J.* 88: 812–816.

- [23] Karlen D.L., Wollenhaupt N.C., Erbach D.C., Berry E.C., Swan J.B., Eash N.S., Jordahl J.L. 1994. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil Till. Res.* 31: 149–167.
- [24] Kaspar T.C., Crosbie T.M., Cruse R.M. 1987. Growth and productivity of four corn hybrids as affected by tillage. *Agron. J.* 79(3): 477–481.
- [25] Kukuła S., Machul M. 1976. Uproszczona uprawa kukurydzy po poplonach ozimych. *Nowe Rol.* 8: 11–12.
- [26] Lal R. 1974. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. *Plant and Soil* 40: 321–331.
- [27] Machul M., Krasowicz S., Szeleźniak E. 1997. Effect of tillage methods on the economics of grain production of maize grown in monoculture. Proceedings 14th ISTRO Conference. Puławy, Poland, *Frag. Agron.* 2B: 435–438.
- [28] Machul M. 1993. Możliwości zastosowania uproszczonych metod uprawy roli pod kukurydzą na ziarno w trzyletniej monokulturze. *Pam. Puł.* 102: 191–199.
- [29] Machul M. 1995. Wpływ przedsięwziętego przygotowania roli na plonowanie kukurydzy uprawianej w pięcioletniej monokulturze. *Pam. Puł.* 106: 47–62.
- [30] Malicki L., Podstawka-Chmielewska E. 1999. Wpływ systemu uprawy roli na wilgotność wierzchniej warstwy rędziny. *Zesz. Nauk. AR Szczecin 195 Agricultura* (74): 15–23.
- [31] Menzel L., Dubas A. 2003. Reakcja kukurydzy uprawianej w monokulturze na uproszczenia w uprawie roli. *Pam. Puł.* 133: 123–134.
- [32] Mozafar A., Anken T., Ruh R., Frossard E. 2000. Tillage intensity, mycorrhizal and non-mycorrhizal fungi, and nutrient concentrations in maize, wheat, and canola. *Agron. J.* 92(6): 1117–1124.
- [33] Nowicki J., Orzech K. 2002. Wpływ zróżnicowanej uprawy gleby średniej na niektóre jej właściwości fizyczne. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A* 116(1–4): 143–156.
- [34] Nugis E. 1998. Ocena granicy pochoścażenia (sustainable) pri raznogłubinnoi predposievnoi počvoobrabotkie. V Międzyn. sympozjum. Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia, ochrony roślin i uprawy gleb. 24–25 września, 1998, Warszawa: 148–154.
- [35] Pabin J. 2004. Przyczyny powstania i sposoby zapobiegania fizycznej degradacji gleb. *Post. Nauk Rol.* 4: 17–32.
- [36] Pudełko J., Wright D.L., Wiatrak P. 1994. Stosowanie ograniczeń w uprawie roli w Stanach Zjednoczonych AP. *Post. Nauk Rol.* 1: 153–162.
- [37] Radecki A., Opic J. 1991. Metoda siewu bezpośredniego w świetle literatury krajowej i zagranicznej. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A* 109(2): 119–141.
- [38] Radecki A. 1986. Studia nad możliwością siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych. SGGW-AR Warszawa, Rozpr. Nauk. i Monogr.: ss. 87.
- [39] Roszkowski A. 1984. Możliwości obniżenia nakładów energetycznych w technologiach kukurydzy i jęczmienia. IBMER, W-wa: 145 ss.
- [40] Russell R.S., Cannell R.Q., Goss M.J. 1975. Effect of drilling on soil condition and root growth. *Outlook on Agricult.* 8: 227–232.
- [41] Šimon J. 1979. Monokulturni pestovani silažni kukuřice bez zpracování pudy pri ruzném NPK hnojení. *Rostl. Výroba* 25(9): 979–988.
- [42] Sosnowski A. 1987. Wpływ siewu bezpośredniego na fizyczne właściwości gleby lekkiej i plonowanie kukurydzy. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 131: 131–144.

- [43] Swan J.B., Schneider E.C., Moncrief J.F., Paulson W.H., Peterson A.F. 1987. Estimating corn growth, yield, and grain moisture from air growing degree days and residue cover. *Agron. J.* 79(1): 53–60.
- [44] Szymankiewicz K. 1987. Badania nad sposobami uprawy roli pod kukurydzą w krótkotrwałej monokulturze. *Rozprawy Nauk. AR Lublin* 101: 69 ss.
- [45] Szymankiewicz K. 1988. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli na fizyczne właściwości gleb i plonowanie kukurydzy w krótkotrwałej monokulturze. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 356: 223–229.
- [46] Śmierzchalski L. 1980. Aktualne kierunki zmian w uprawie roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 227: 131–147.
- [47] Świętochowski B., Krężel R. 1972. Badania nad uproszczeniem uprawy roli. Część II. Wpływ na niektóre właściwości fizyczne gleby na tle zmianowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 137: 319–325.
- [48] Torbert H. A., Potter K. N., Morrison J.E. 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate, and timing effect on corn yields in the Texas Blackland Prairie. *Agron. J.* 93: 1119–1124.
- [49] Truksa J., Longauer S. 1984. Vplyv orby, kukuricia a herbicidov na urody zrna kukurice. *Rostl. Výroba* 30(1): 53–60.
- [50] Weber R. 2002. Wpływ uprawy zachowawczej na ochronę środowiska. *Post. Nauk Rol.* 1: 57–67.

Effect of reduced soil tillage on the efficiency of maize yielding and biological, physical and chemical soil properties

Key words: soil tillage, maize yielding, soil properties, weed infestation

Summary

The method of soil tillage affects maize yielding and causes the changes in chemical and physical soil properties. Application of reduced soil tillage, and the zero-tillage in particular, over many years usually results in reduction of the maize yields and unfavourably influence the most of studied soil properties, especially in the upper soil layer. The correct planting procedure assuring the optimum plant density as well as exact weed control are two most important factors leading to success at reduced soil tillage, particularly zero tillage, application.