

PRODUKCYJNE I ŚRODOWISKOWE SKUTKI WIELOLETNIEGO STOSOWANIA SYSTEMÓW BEZORKOWYCH W UPRAWIE GROCHU SIEWNEGO

IRENA MAŁECKA, ANDRZEJ BLECHARCZYK, TOMASZ DOBRZENIECKI

Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

malecka@up.poznan.pl

Synopsis. Badania zrealizowano w latach 2003–2006 na glebie płowej, klasy bonitacyjnej IIIb–IVa, kompleksu żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego. Ich celem było określenie wpływu wieloletniego stosowania uprawy powierzchniowej i siewu bezpośredniego na plonowanie grochu i wybrane fizyko-chemiczne właściwości gleby. Systemy uprawy roli w niewielkim stopniu wpływały na poziom wytworzonej biomasy nadziemnej grochu siewnego oraz pobranie azotu. Jedynie w początkowym okresie wegetacji wiosennej w uproszczonej uprawie roli i siewie bezpośrednim groch charakteryzował się mniejszą biomasą nadziemną oraz akumulacją azotu w roślinach w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli. Siew bezpośredni ograniczał liczbę i masę chwastów w łanie grochu w porównaniu do tradycyjnej i uproszczonej uprawy roli. Po 4–7 latach stosowania uprawy bezpłujnej odnotowano zwiększenie wilgotności gleby w wierzchniej warstwie (0–5 cm) i gęstości objętościowej w warstwie 10–20 cm oraz zmniejszenie kapilarnej pojemności wodnej w obu analizowanych poziomach w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli. Wieloletnie stosowanie uprawy uproszczonej, a szczególnie siewu bezpośredniego zwiększyło zawartość C organicznego, N ogólnego oraz przyswajalnych form K i Mg w wierzchniej warstwie gleby.

Słowa kluczowe – *key words*: groch siewny – *field pea*, systemy uprawy roli – *tillage systems*, plon – *yield*, fizyko-chemiczne właściwości gleby – *physico-chemical soil properties*

WSTĘP

Podstawą polityki ekologicznej Unii Europejskiej jest program „ku rolnictwu zrównoważonemu”, który zmierza do powiązania rozwoju gospodarczego z ochroną zasobów naturalnych i globalną równowagą ekosystemów. Podstawowym zadaniem jest więc opracowanie technologii ograniczających zanieczyszczenia środowiska i chroniących jego potencjał produkcyjny [Derpsch 2007, Pudełko i in. 1996, Radecki i Opic 1991, Rasmussen 1999, Tebrügge i Düring 1999]. W warunkach polskiego rolnictwa, gdzie udział zbóż w strukturze zasiewów w ostatnich latach wynosi około 70% problemem staje się dobór odpowiedniego stanowiska dla roślin następczych. Wprowadzenie do zmianowania zbożowego grochu, jako rośliny regenerującej stanowisko, daje wiele korzyści rolniczo-ekonomicznych. W związku z tym ważne jest określenie rozwiązań uprawowych, w tym sposobów uprawy roli, przyjaznych dla środowiska i gwarantujących odpowiedni poziom produkcji.

W literaturze podkreśla się, że pozytywne efekty wynikające z bezpłujnej uprawy roli, obok ograniczania nasilenia procesów erozyjnych, to niższe o około 30% nakłady energii i robocizny, zmniejszona mineralizacja substancji organicznej gleby, poprawiona struktura powierzchniowej warstwy gleby, wzbogacone życie mikrobiologiczne gleby, liczniejsze zasiedlanie gleby przez dżdżownice, poprawione stosunki wodne gleby poprzez usprawnienie podsiąku kapilar-

nego i ograniczenie parowania z powierzchni pola [Derksen i in. 1996, Derpsch 2007, Dzienia i in. 2006, Kladivko 2001, Pudelko i in. 1996, Rasmussen 1999]. W ostatnich latach systemom bezorkowym przypisuje się również dużą rolę w ograniczaniu emisji CO₂ do atmosfery [Grandy i in. 2006].

Stosowanie uprawy bezorkowej może również prowadzić do negatywnych zmian w środowisku glebowym. Zaliczyć do nich można wzrost gęstości i zwięzłości gleby oraz nierównomierne rozmieszczenie składników pokarmowych [Blecharczyk i in. 2007, Blevins i Frye 1993, Hernanz i in. 2002, Liebig i in. 2004, Orzech i in. 2003, Radecki i Opic 1991, Rasmussen 1999, Unger 1991, Włodek i in. 2003], jak również wzrost zachwaszczenia [Anderson i in. 1998, Derksen i in. 1996, Jędruszczak i in. 2006, Kordas 2004, Orzech i in. 2003, Stupnicka-Rodzyniekiwicz i in. 2004, Tørresen i in. 2003].

Wyniki badań dotyczących wpływu uproszczonych systemów uprawy roli, a zwłaszcza siewu bezpośredniego, na plonowanie roślin nie są jednoznaczne. Uzyskiwane efekty systemów uprawowych zależą bowiem od innych czynników, takich jak: warunki glebowe, klimatyczne, następstwo roślin, dobór pestycydów, czy rodzaj zastosowanych maszyn do uprawy roli i siewu. Odmienne rezultaty badań dotyczących reakcji roślin na uproszczenia uprawowe związane są również z długością trwania doświadczenia [Derpsch 2007, Husnjak i in. 2002, Lepiarczyk i in. 2006, Orzech i in. 2003, Pudelko i in. 1996, Radecki i Opic 1991, Rasmussen 1999].

Celem niniejszego opracowania było określenie wpływu wieloletniego stosowania uprawy powierzchniowej i siewu bezpośredniego na wzrost i plonowanie grochu siewnego oraz wybrane fizyko-chemiczne właściwości gleby.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2003–2006 w Zakładzie Doświadczalno- Dydaktycznym Brody (52°26' N, 16°18' E) należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, w oparciu o doświadczenie statyczne założone w 1999 roku w układzie niezależnym w czterech powtórzeniach. Doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej, klasy bonitacyjnej IIIb–IVa, kompleksu żyniego bardzo dobrego i żyniego dobrego. Czynnikiem badawczym były trzy warianty uprawy roli stosowane pod groch: uprawa tradycyjna (podorywka, orka siewna, uprawa przedsięwna), uprawa uproszczona (agregat ścierniskowy), siew bezpośredni w ściernisko. Groch siewny odmiany Agra wysiewano w obsadzie 100 nasion·m⁻² w 4-półowym zmianowaniu: groch – pszenica ozima – jęczmień jary – pszenżyto ozime. Siew na obiektach z uprawą uproszczoną oraz siewem bezpośrednim wykonano siewnikiem o redlicach talerzowych firmy Great Plains (USA).

Corocznie jesienią zastosowano nawożenie mineralne w dawce na 1 ha: P – 35 kg i K – 66 kg, natomiast nawożenie azotem - wiosną przed siewem w dawce 40 kg N·ha⁻¹. Na obiektach z uprawą uproszczoną i siewem bezpośrednim zastosowano wczesną jesienią preparat Roundup 360 SL w dawce 3 l·ha⁻¹ oraz 1,5 l·ha⁻¹ wiosną (7 dni przed siewem grochu) wraz z siarczanem amonu w dawce 3 kg·ha⁻¹. W okresie wegetacji grochu w celu ograniczenia zachwaszczenia stosowano herbicydy Stomp 330 EC w dawce 3,5 l·ha⁻¹ + Pivot 100 SC 0,7 l·ha⁻¹. Ponadto przeciwko szkodnikom żerującym w strąkach stosowano preparat Nurelle 550 EC w dawce 0,6 l·ha⁻¹ lub Sumi-Alpha 050 EC w dawce 0,2 l·ha⁻¹. Na tydzień przed zbiorem grochu zastosowano preparat Reglone Turbo SL w dawce 2,5 l·ha⁻¹ w celu dosuszenia roślin.

W okresie wegetacji, w fazie GS 32–33, GS 61–62 i GS 89 określano biomasa nadziemną grochu ścinając całe rośliny z powierzchni 0,5 m² każdego poletka. W materiale roślinnym oznaczono zawartość azotu metodą spektroskopii w bliskiej podczerwieni (NIRS – *Near*

Infrared Reflectance Spectroscopy) na aparacie monochromatycznym InfraAlyzer 500 firmy Bran+Luebbe, w oparciu o wcześniej przygotowane kalibracje.

Analizę potencjalnego zachwaszczenia grochu wykonywano na wyznaczonych losowo częściach poletek doświadczalnych przykrywanych foliowymi osłonami podczas zabiegu stosowania herbicydów. W fazie pojawiania się pierwszych pąków kwiatowych u grochu (GS 51–55) określono na powierzchni 1 m² liczbę i świeżą masę chwastów.

Fizyczne właściwości gleby (gęstość objętościowa, wilgotność, kapilarna pojemność wodna) oznaczano corocznie w fazie wypuszczania wąsów czepnych u grochu (BBCH 31–32) w warstwach 0–5 i 10–20 cm. Próbkę gleby do analiz chemicznych pobierano w każdym roku badań po zbiorze grochu z dwóch głębokości 0–5 i 10–20 cm. W materiale glebowym oznaczono, powszechnie stosowanymi metodami, odczyn gleby oraz zawartość C organicznego, N ogólnego oraz przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji. Istotność zróżnicowania wyników oceniono testem Fishera-Snedecora na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, natomiast badanie istotności różnic pomiędzy średnimi szacowano testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach własnych systemy uprawy roli w niewielkim stopniu oddziaływały na poziom wytworzonej biomasy nadziemnej grochu siewnego (tab. 1). Jedynie w fazie GS 32–33 (wydłużania łodyg) odnotowano istotnie mniejszy plon suchej masy grochu w uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim, odpowiednio o 10,8 i 18,8% w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli. W początku kwitnienia grochu (GS 61–62) nie stwierdzono istotnego wpływu sposobów uprawy roli na plon suchej masy grochu, jakkolwiek był on nieznacznie mniejszy w siewie bezpośrednim (4,81 t·ha⁻¹), niż w uproszczonej (4,94 t·ha⁻¹) i tradycyjnej uprawie roli (5,07 dt·ha⁻¹). W fazie dojrzałości pełnej (GS 89) plon nasion i słomy, jak również łączny plon (nasiona + słoma) wyrażony w suchej masie kształtował się na zbliżonym poziomie we wszystkich systemach

Tabela 1. Sucha masa grochu siewnego w okresie wegetacji w t·ha⁻¹ (średnio 2003–2006)
Table 1. Dry weight of field pea in t·ha⁻¹ in vegetation period (mean of 2003–2006)

System uprawy roli <i>Tillage system</i>	Faza rozwojowa – <i>Growth stage</i>				
	GS 32–33	GS 61–62	GS 89		
			nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	nasiona+słoma <i>seeds+straw</i>
Tradycyjny <i>Conventional</i>	2,23	5,07	3,02	3,09	6,11
Uproszczony <i>Reduced</i>	1,99	4,94	3,09	3,16	6,25
Siew bezpośredni <i>Direct drilling</i>	1,81	4,81	3,01	3,05	6,06
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,24	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

uprawy roli. Sposoby uprawy roli różnicowały istotnie zawartość i pobranie azotu przez rośliny grochu siewnego również jedynie na początku okresu wegetacji (tab. 2). W fazie GS 32–33 rośliny grochu w siewie bezpośrednim charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością azotu niż w tradycyjnej uprawie roli. Istotnie największe pobranie azotu, wynikające z procentowej jego zawartości w roślinie oraz plonu suchej masy, odnotowano w omawianej fazie w tradycyjnej uprawie roli (91,0 kg·ha⁻¹). W uproszczonej uprawie roli pobranie to było mniejsze o 9,9%, natomiast w siewie bezpośrednim o 14,3% w porównaniu do uprawy płuznej.

Tabela 2. Zawartość i pobranie azotu przez groch siewny (średnio 2003–2006)
 Table 2. Contents and nitrogen uptake by field pea (mean of 2003–2006)

System uprawy roli <i>Tillage system</i>	Faza rozwojowa – <i>Growth stage</i>								
	GS 32–33		GS 61–62		GS 89				
	zawartość (g·kg ⁻¹) <i>contents (g·kg⁻¹)</i>	pobranie (kg·ha ⁻¹) <i>uptake (kg·ha⁻¹)</i>	zawartość (g·kg ⁻¹) <i>contents (g·kg⁻¹)</i>	pobranie (kg·ha ⁻¹) <i>uptake (kg·ha⁻¹)</i>	zawartość <i>content</i> (g·kg ⁻¹)		pobranie <i>uptake</i> (kg·ha ⁻¹)		
					nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	nasiona+słoma <i>seeds+straw</i>
Tradycyjny <i>Conventional</i>	40,5	90,3	26,4	134	35,0	11,1	106	34	140
Uproszczony <i>Reduced</i>	41,5	82,6	26,8	132	35,5	11,3	110	36	146
Siew bezpośredni <i>Direct drilling</i>	42,9	77,6	26,3	127	36,0	11,9	108	36	144
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	2,1	8	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

Opracowania naukowe wskazują, że jedną z negatywnych stron uprawy bezorkowej jest ograniczenie dostępności azotu dla roślin, wynikające z wolniejszej mineralizacji, wyższej immobilizacji i denitrifikacji. W konsekwencji obserwuje się, szczególnie w początkowym okresie wegetacji, wolniejszy przyrost biomasy nadziemnej roślin i akumulację składników w bezorkowych systemach w porównaniu z tradycyjną uprawą roli [Arshad i Gill 1997, Frede i in. 1994, Izaurralde i in. 1995, Unger 1991]. Ponadto współdziałanie immobilizacji azotu, niższej temperatury oraz większej wiązności gleby w siewie bezpośrednim ogranicza rozwój systemu korzeniowego, co prowadzi również do mniejszego pobrania składników pokarmowych [Arshad i Gill 1997]. W późniejszych fazach rozwojowych roślin można obserwować większe pobranie azotu przez rośliny, w siewie bezpośrednim niż w tradycyjnej uprawie roli, na skutek szybszej mineralizacji, wynikającej z większej aktywności biologicznej i szybkości obiegu pierwiastków [Melaj i in. 2003].

Strączkowe zalicza się do roślin, które dobrze znoszą uproszczenia w uprawie roli. W doświadczeniach zagranicznych uzyskiwano podobny poziom plonowania grochu siewnego w tradycyjnej uprawie roli i systemach bezorkowych [Payne i in. 2000, Sanchez-Giron i in. 2007] lub stwierdzano pozytywny efekt siewu bezpośredniego na plonowanie grochu [Arshad i Gill 1996, Lafond i in. 1992]. W badaniach krajowych Szukały i Mystek [2006] groch siewny plonował na podobnym poziomie w tradycyjnej uprawie roli, jak w uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim; zarysowała się jednak wyraźna tendencja wyższych plonów grochu w uproszczonej uprawie roli. Podobne rezultaty w uprawie bobiku uzyskali w swoich badaniach Lepiarczyk i in. [2006].

Wielu autorów prezentuje pogląd, że uproszczenia w uprawie roli prowadzą do wzrostu zachwaszczenia, zwłaszcza w pierwszych latach ich stosowania [Anderson i in. 1998, Derksen i in. 1996, Jędruszczak i in. 2006, Kordas 2004, Orzech i in. 2003, Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 2004, Tørresen i in. 2003]. Przyczyną wzrostu zachwaszczenia w uprawach bezorkowych może być mniejsza skuteczność stosowanych herbicydów, wynikająca z utrudnionego działania związanego z pozostającymi resztkami roślinnymi na powierzchni pola oraz obniżonej skuteczności wynikającej z wyższej zawartości substancji organicznej, a tym samym większej adsorpcji herbicydów [Derksen i in. 1996, Nalewaja 2001, Tørresen i in. 2003]. W literaturze nie brakuje również informacji o braku lub ograniczającym wpływie na zachwaszczenie uproszczonych technik uprawy roli [Jastrzębska i in. 2006, Kordas 2004]. Sytuację taką wiąże się najczęściej z rośliną okrywową pozostawioną na polu w postaci mulczu, której oprócz ograniczenia rozwoju chwastów na skutek przykrycia powierzchni gleby, czy braku dostępu światła, przypisuje się również oddziaływanie allelopatyczne [Derksen i in. 1996, Orzech i in. 2003, Pudelko i in. 1996, Ramsdale i in. 2006]. Ponadto w trwale stosowanych systemach bezorkowych, poprzez zwiększoną zawartość substancji organicznej dochodzi do wzrostu aktywności biologicznej gleby (większa liczba i różnorodność organizmów). W następstwie tych zmian może być ograniczony bank nasion chwastów w glebie poprzez szybszy ich rozkład, a tym samym ma miejsce mniejsza presja chwastów, jak również mogą pojawiać się patogeny np. bakterie korzeniowe (*Pseudomonas* spp.) ograniczające kiełkowanie chwastów, czyli uaktywnia się metoda biologiczna walki z chwastami [Derksen i in. 1996].

W analizowanym doświadczeniu w łanie grochu siewnego obserwowano podobną liczbę i masę chwastów w tradycyjnej i uproszczonej uprawie roli, natomiast wprowadzenie siewu bezpośredniego przyczyniło się do zmniejszenia liczby i masy chwastów odpowiednio o 46,5 i 60,4% w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli (tab. 3). Tradycyjna i uproszczona uprawa

Tabela 3. Zachwaszczenie grochu siewnego (średnio 2003–2006)

Table 3. Field pea weed infestation (mean of 2003–2006)

Zachwaszczenie <i>Infestation</i>	System uprawy roli – <i>Tillage system</i>			NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	tradycyjny <i>conventional</i>	uproszczony <i>reduced</i>	siew bezpośredni <i>direct drilling</i>	
Liczba chwastów (szt.·m ⁻²) <i>Number of weeds (No.·m⁻²)</i>	81,0	66,0	43,3	21,3
Masa chwastów (g·m ⁻²) <i>Fresh matter of weeds (g·m⁻²)</i>	97,9	83,0	38,8	31,8

roli niszczy wschodzące chwasty, sprzyjając równocześnie kiełkowaniu nasion poprzez lepsze dotlenienie i ogrzanie gleby.

Uprawa roli modyfikuje stan fizyczny gleby, który wywiera duży wpływ na kierunek i tempo przebiegu procesów chemicznych i biologicznych, a tym samym na wzrost i rozwój roślin [Orzech i in. 2003, Radecki i Opic 1991]. Rezultaty badań dotyczących zależności fizycznych właściwości gleby od stosowanych systemów uprawy roli nie są jednoznaczne. Wynika to z różnego czasu ich oddziaływania głębokości, ingerencji w układ gleby, typu gleby, jak również terminu wykonywania oznaczeń w okresie wegetacji.

W badaniach własnych wyeliminowanie uprawy płużnej na rzecz uprawy powierzchniowej i siewu bezpośredniego przyczyniło się do istotnego zwiększenia wilgotności gleby w obu analizowanych warstwach gleby (tab. 4). Rezultaty innych autorów są rozbieżne. Na ogół w latach o dużej ilości opadów nie spotyka się większych różnic w zawartości wody w glebie w uprawie orkowej i bezpłużnych systemach, natomiast w lata suche stwierdza się większą zawartość wody na obiektach w siewie bezpośrednim [Blecharczyk i in. 2007, Radecki i Opic 1991].

Gęstość objętościowa gleby, po 4–7 latach stosowania bezorkowych systemów uprawy roli, wahała się od 1,52 do 1,77 Mg·m⁻³. W powierzchniowej warstwie (0–5 cm) w uproszczonej uprawie roli i siewie bezpośrednim parametr ten uległ zwiększeniu, odpowiednio o 5,3 i 11,2% w porównaniu do uprawy płużnej (tab. 4). Natomiast w głębszej warstwie (10–20 cm) gęstość objętościowa była podobna we wszystkich systemach uprawowych. Gęstość objętościowa charakteryzuje układ gleby, który w zasadniczy sposób decyduje o stosunkach wodno-powietrznych i termicznych gleby, co odzwierciedlane jest w wynikach dotyczących kapilarnej pojemności wodnej. Wiele badań potwierdza, że wyeliminowanie uprawy płużnej, a szczególnie całkowita rezygnacja z uprawy na rzecz siewu bezpośredniego powoduje znaczne zwiększenie gęstości objętościowej gleby zwłaszcza, jeżeli dotyczą one krótkiego okresu stosowania takich uproszczeń [Blevins i Frye 1993, Hill 1990, Orzech i in. 2003, Radecki i Opic 1991]. Z kolei wyniki badań za długoletni okres stosowania systemów bezorkowych wskazują zmniejszenie gęstości objętościowej w wierzchniej warstwie gleby w porównaniu do uprawy płużnej, na skutek wzrostu zawartości substancji organicznej oraz aktywności biologicznej [Blecharczyk i in. 2007, Hernanz i in. 2002, Kladiwko 2001, Lal i in. 1994, Liebig i in. 2004, Mestelan i in. 2006].

Stosowanie uprawy bezorkowej może prowadzić również do zmiany zawartości i nierównomiernego rozmieszczenia w glebie składników pokarmowych, na skutek braku odwracania gleby, o czym świadczą wyniki zamieszczone w tabeli 4. Na obiektach z tradycyjną uprawą roli odczyn gleby utrzymywał się na podobnym poziomie w obu analizowanych warstwach, natomiast w uproszczonej uprawie roli i siewie bezpośrednim nastąpiło niewielkie obniżenie pH gleby w warstwie 0–5 cm (o 0,4–0,5 jednostek) w porównaniu do głębokości 10–20 cm. W powierzchniowej warstwie gleby, zawartość C organicznego i N ogólnego w glebie była większa, odpowiednio o 18,3 i 11,5% na obiektach z uprawą uproszczoną i o 23,7 i 19,8% z siewem bezpośrednim, w odniesieniu do tradycyjnej uprawy roli. Również gleba w warstwie 0–5 cm z obiektów, na których stosowano uprawę bezorkową charakteryzowała się większą koncentracją potasu i magnezu, w porównaniu do uprawy płużnej. Ponadto zawartość oznaczanych składników w uprawie bezpłużnej kształtowała się na wyższym poziomie w wierzchniej warstwie gleby niż w poziomie 10–20 cm. W odniesieniu do fosforu nie odnotowano istotnego wpływu systemów uprawy roli na jego zawartość w wierzchniej warstwie gleby. W drugiej analizowanej warstwie gleby (10–20 cm) zawartość C organicznego, K i Mg była natomiast wyższa w tradycyjnej uprawie roli niż na obiektach z uproszczoną uprawą roli i siewem bezpośrednim. Kierunek zmian właściwości chemicznych gleby jest na ogół zbieżny z rezultatami innych autorów, a ich korzystnych zmian należy oczekiwać po dłuższym okresie stosowania różnych wariantów uprawy bezpłużnej [Ble-

Tabela 4. Fizyczne i chemiczne właściwości gleby (średnio 2003–2006)

Table 4. Soil physical and chemical properties (mean of 2003–2006)

Parametr <i>Parameter</i>	System uprawy roli <i>Tillage system</i>	Warstwa gleby – <i>Soil layer (cm)</i>	
		0–5	10–20
Wilgotność gleby <i>Water content</i> (% v/v)	A*	15,4	17,0
	B	16,8	18,8
	C	17,0	19,1
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,9	1,1
Gęstość objętościowa <i>Bulk density</i> (Mg·m ⁻³)	A	1,52	1,72
	B	1,60	1,77
	C	1,69	1,76
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,07	r.n.
Kapilarna pojemność wodna <i>Capillary water capacity</i> (%)	A	32,8	29,3
	B	30,7	29,3
	C	28,3	29,0
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	2,0	r.n.
pH (1M KCl)	A	6,59	6,55
	B	6,22	6,63
	C	6,13	6,63
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,41	r.n.
C organiczny – <i>Organic C</i> g·kg ⁻¹ gleby – <i>soil</i>	A	8,07	7,97
	B	9,55	7,60
	C	9,98	7,43
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,67	0,52
N ogólny – <i>Total N</i> g·kg ⁻¹ gleby – <i>soil</i>	A	0,96	0,94
	B	1,07	0,96
	C	1,15	0,96
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,10	r.n.
C/N	A	8,4	8,0
	B	8,9	7,9
	C	9,3	7,9
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,6	r.n.
P mg·kg ⁻¹ gleby – <i>soil</i>	A	209	206
	B	196	210
	C	192	215
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.
K mg·kg ⁻¹ gleby – <i>soil</i>	A	149	142
	B	204	126
	C	225	120
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	19	11
Mg mg·kg ⁻¹ gleby – <i>soil</i>	A	30,9	31,7
	B	37,0	24,5
	C	42,5	22,6
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	4,5	2,1

A* – tradycyjny – *conventional*, B – uproszczony – *reduced*, C – siew bezpośredni – *direct drilling*
r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

charczyk i in. 2007, Dzienia i in. 2001, Hernanz i in. 2002, Idkowiak i Kordas 2004, Liebig i in. 2004, Rasmussen 1999, Unger 1991, Włodek i in. 2003].

WNIOSKI

1. Systemy uprawy roli w niewielkim stopniu wpływały na poziom wytworzonej biomasy nadziemnej grochu siewnego oraz pobranie azotu. Jedynie w początkowym okresie wegetacji wiosennej w uproszczonej uprawie roli i siewie bezpośrednim groch charakteryzował się mniejszą biomasą nadziemną oraz akumulacją azotu w roślinach w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli.
2. Wyeliminowanie orki na rzecz siewu bezpośredniego pozwoliło na ograniczenie liczby i masy chwastów w łanie grochu w porównaniu do tradycyjnej i uproszczonej uprawy roli.
3. Uprawa uproszczona i siew bezpośredni przyczyniły się do zwiększenia wilgotności i gęstości objętościowej oraz zmniejszenia kapilarnej pojemności wodnej w powierzchniowej warstwie gleby. W warstwie 10–20 cm systemy bezorkowe zwiększały jedynie wilgotność gleby w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli.
4. Wieloletnie stosowanie uprawy uproszczonej, a szczególnie siewu bezpośredniego prowadziło do zwiększenia w wierzchniej warstwie gleby zawartości C organicznego, N ogólnego oraz przyswajalnych form K i Mg.

PIŚMIENNICTWO

- Anderson R.N., Tanaka D.L., Black A.L., Schweizer E.E. 1998. Weed community and species response to crop rotation, tillage, and nitrogen fertility. *Weed Techn.* 12: 531–536.
- Arshad M.A., Gill K.S. 1996. Field pea response to liming of an acid soil under two tillage systems. *Can. J. Soil Sci.* 76: 549–555.
- Arshad M.A., Gill K.S. 1997. Barley, canola and wheat production under different tillage-fallow-green manure combinations on a clay soil in a cold, semiarid climate. *Soil Till. Res.* 43: 263–275.
- Blecharczyk A., Małecka I., Sierpowski J. 2007. Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizyko-chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.* 24(1): 7–13.
- Blevins R.L., Frye W.W. 1993. Conservation tillage: An ecological approach to soil management. *Adv. Agron.* 51: 33–78.
- Derksen D.A., Blackshaw R.E., Boyetchko S.M. 1996. Sustainability, conservation tillage and weeds in Canada. *Can. J. Plant Sci.* 76: 651–659.
- Derpsch R. 2007. The no-tillage revolution in South America. *Proc. Farm Tech., Edmonton – Alberta, 24–26 January 2007*: 54–68.
- Dzienia S., Pużyński S., Wereszczaka J. 2001. Impact of soil cultivation systems on chemical soil properties. *EJPAU, Ser. Agronomy* 4(2): #5.
- Dzienia S., Zimny L., Weber R. 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.* 23(2): 227–241.
- Frede H.G., Beisecker R., Gäth S. 1994. Long-term impacts of tillage on the soil ecosystem. *Z. Pflanzen-ernähr. Bodenk.* 157: 197–203.
- Grandy A.S., Robertson G.P., Thelen K.D. 2006. Do productivity and environmental trade-offs justify periodically cultivating no-till cropping systems? *Agron. J.* 98: 1377–1383.
- Hernanz J.L., Lopez R., Navarrete L., Sanchez-Giron V. 2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil Till. Res.* 66: 129–141.
- Hill R.L. 1990. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 54: 161–166.

- Husnjak S., Filipovic D., Kosutic S. 2002. Influence of different tillage systems on soil physical properties and crop yield. *Rostl. Vyroba* 48(6): 249–254.
- Idkowiak M., Kordas L. 2004. Zmiany właściwości chemicznych i biologicznych gleby w wyniku stosowania uproszczeń w uprawie roli i zróżnicowanego nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 21(3): 40–48.
- Izaurralde R.C., Choudhary M., Juma N.G., McGill W.B., Haderlein L. 1995. Crop and nitrogen yield in legume-based rotations practiced with zero tillage and low-input methods. *Agron. J.* 87: 958–964.
- Jastrzębska M., Orzech K., Kostrzevska M.K., Wanic M., Nowicki J. 2006. Różnorodność chwastów w łańcach roślin przy różnych sposobach uprawy roli. *Fragm. Agron.* 23(4): 103–118.
- Jędruszczak M., Palys E., Kraska P. 2006. Conservation tillage and weeds – sustainability implication. *Proc. 17th Int. Conf. ISTRO. Kiel, Germany 28 August – 3 September 2006: 558–565.*
- Kladivko E.J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.* 61: 61–76.
- Kordas L. 2004. Wpływ wieloletniego stosowania uprawy zerowej w zmianowaniu na zachwaszczenie. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 44(2): 841–844.
- Lafond G.P., Loepky H.A., Derksen D.A. 1992. The effects of tillage system and crop rotation on soil water conservation, seedling establishment, and crop yield. *Can. J. Plant Sci.* 72: 103–115.
- Lal R., Mahboubi A.A., Fausey N.R. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 517–522.
- Liebig M.A., Tanaka D.L., Wienhold B.J. 2004. Tillage and cropping effects on soil quality indicators in the northern Great Plains. *Soil Till. Res.* 78: 131–141.
- Lepiarczyk A., Kulig B., Stępnik K. 2006. Wpływ uproszczeń uprawy roli na plonowanie oraz kształtowanie wskaźnika powierzchni liści jęczmienia jarego i bobiku. *Fragm. Agron.* 23(2): 251–260.
- Melaj M.A., Echeverria H.E., Lopez S.C., Studdert G., Andrade F., Barbaro N.O. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agron. J.* 95: 1525–1531.
- Mestelan S.A., Smeck N.E., Durkalski J.T., Dick W.A. 2006. Changes in soil profile properties as affected by 44 years of continuous no-tillage. *Proc. 17th ISTRO Conf., Kiel – Germany, 28 August – 3 September 2006: 1135–1140.*
- Nalewaja J.D. 2001. Weeds and conservation agriculture. *Proc. I World Congress on conservation agriculture. Madrid 1–5 October 2001, 1: 191–200.*
- Orzech K., Nowicki J., Marks M. 2003. Znaczenie uprawy roli w kształtowaniu środowiska. *Post. Nauk Rol.* 1: 131–144.
- Payne W.A., Rasmussen P.E., Chen C., Goller R., Ramig R.E. 2000. Precipitation, temperature and tillage effects upon productivity of a winter wheat-dry pea rotation. *Agron. J.* 92: 933–937.
- Pudęłko J., Wright D.L., Śpitalniak J. 1996. Wybrane poglądy na uproszczenia uprawowe w południowo-wschodnich stanach USA. *Rocz. AR Poznań* 185, Rol. 48: 85–99.
- Radecki A., Opic J. 1991. Metoda siewu bezpośredniego w świetle literatury krajowej i zagranicznej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A* 109(2): 119–141.
- Ramsdale B.K., Kegode G.O., Messersmith C.G., Nalewaja J.D., Nord C.A. 2006. Long-term effects of spring wheat-soybean cropping systems on weed populations. *Field Crops Res.* 97: 197–208.
- Rasmussen K.J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53: 3–14.
- Sanchez-Giron V., Serrano A., Suarez M., Hernanz J.L., Navarrete L. 2007. Economics of reduced tillage for cereal and legume production on rainfed farm enterprises of different sizes in semiarid conditions. *Soil Till. Res.* 95: 149–160.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A. 2004. Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(2): 235–245.
- Szukała J., Mystek A. 2006. Plonowanie grochu siewnego w zależności od deszczowania, systemów uprawy roli i poziomu nawożenia azotem. *Rocz. AR Poznań* 380, Rol. 66: 347–356.
- Tebrügge F., Düring R.A. 1999. Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Till. Res.* 53: 15–28.
- Tørresen K.S., Skuterud R., Tandsaether H.J., Hagemo M.B. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Prot.* 22: 185–200.
- Unger P.W. 1991. Organic matter, nutrient, and pH distribution in no- and conventional-tillage semiarid soils. *Agron. J.* 83: 186–189.

Włodek S., Hryńczuk B., Pabin J., Biskupski A. 2003. Zawartość składników pokarmowych w warstwach poziomu próchnicznego gleby uprawianej różnymi sposobami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 493: 727–732.

I. MALECKA, A. BLECHARCZYK, T. DOBRZENIECKI

THE PRODUCTIVITY AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF LONG-TERM PLOUGHLESS TILLAGE SYSTEMS IN FIELD PEA

Summary

The field study was carried out in the years 2003–2006 at Research Station Brody of Poznań University of Life Sciences. The soils of experimental fields are classified as Albic Luvisols developed on loamy sands overlying loamy materials. The objective of this study was to determine the comparative effects of three tillage systems: conventional tillage with mouldboard ploughing, reduced tillage with shallow stubble cultivator and direct drilling on yield of field pea, weed infestation and some physico-chemical soil properties.

In this study dry weight of field pea and nitrogen uptake were significantly higher under conventional as compared to reduced tillage and direct drilling in GS 32–33 only. In GS 61–62 and GS 89 dry weight of field pea and nitrogen uptake not significantly influenced by tillage systems.

Total weed density increased from 43 plants·m⁻² in the direct drilling to 66 plants·m⁻² for the reduced tillage and to 81 plants·m⁻² in conventional tillage. Compared with conventional tillage treatment direct drilling reduced number and biomass of weeds by 46.5 and 60.4%, respectively.

After the 4–7 years water content in 0–5 and 10–20 cm soil layer, bulk density in 0–5 cm soil layer were significantly higher in reduced tillage and direct drilling than in conventional tillage. Ploughing gave significantly higher values of capillary water porosity than reduced tillage and direct drilling in 0–5 cm soil layer. Although the surface horizon (0–5 cm) of reduced tillage and direct drilled soil had a higher content of organic matter, total N, K and Mg available than the ploughed.