

OCENA SYSTEMÓW UPRAWY W ASPEKcie ZUŻYCIA PALIWA, PLONOWANIA ROŚLIN I WŁAŚCIWOŚCI GLEBY

Anna Cudzik, Włodzimierz Białczyk, Jarosław Czarnecki, Marek Brennensthal
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Adam Kaus
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Stacja Doświadczalna w Jelczu-Laskowicach

Streszczenie. Celem pracy była ocena systemów uprawy pszenicy ozimej pod kątem zużycia paliwa, wielkości plonu oraz właściwości gleby. Badania przeprowadzono w uprawie pszenicy ozimej realizowanej systemami tradycyjnym, bezorkowym oraz w warunkach siewu bezpośredniego. Analizowano zabiegi wykonywane w ramach uprawy odmianami technologicznymi. Pomiar zużycia paliwa odbywał się z wykorzystaniem Systemu Zarządzania Flotą Fleet Management. Wilgotność i zwięzłość gleby mierzono Penetrologgerem, a zawartość CO₂ w glebie ręcznym miernikiem wyposażonym w specjalną sondę. Badania wykazały, że stosowanie uproszczeń uprawowych skutkuje znacznym ograniczeniem zużycia paliwa i niestety przyczynia się do zmniejszenia plonu ziarna. Stwierdzono zróżnicowanie pomiędzy uprawami w wartościach analizowanych właściwości gleby, przy czym największe rozbieżności wystąpiły po jesiennych zabiegach uprawowych. Po zimie oraz w dalszym okresie wegetacji różnice te uległy znacznemu zmniejszeniu.

Słowa kluczowe: technologia uprawy, zużycie paliwa, plon, właściwości gleby

Wprowadzenie

Uprawa gleby ma na celu nadanie jej jak najkorzystniejszego stanu fizycznego zapewniającego optymalną zwięzłość, stosunki powietrzno-wodne i pokarmowe uprawianym roślinom, natomiast rolnikowi uzyskanie jak najwyższego plonu. Względę ekonomiczne, pogarszająca się efektywność energetyczna oraz konieczność ochrony środowiska glebowego sprawiają, że coraz powszechniej stosuje się alternatywne metody w uprawie roli. Efektywność różnych technologii uprawy, wyrażona wysokością plonu roślin, zależy od wielu czynników. Do nich zaliczyć należy przede wszystkim siedlisko, agrotechnikę [Starczewski i in. 2003] oraz zmianowanie. Spośród czynników agrotechnicznych głównymi

wyznacznikami ponoszonych nakładów energetycznych są: nawożenie [Dopka 2004, Jaskulska 2005, Nasalski i in. 2004], stanowisko oraz różne sposoby uprawy roli [Dzienia i in. 1994, Dzienia i Wereszczaka 1999, Kordas 1999]. Zmiany dokonywane w technologii uprawy gleby podyktowane są koniecznością obniżania kosztów produkcji rolniczej, czyli działań typowych dla gospodarki rynkowej. W warunkach naszego kraju systematycznie poszukuje się takich systemów uprawy roli, które będą mniej energochłonne i zapewnią optymalny plon roślin uprawnych. Uproszczenia w uprawie roli powinny zapewnić prawidłowy wzrost roślin, jak również ograniczyć emisję gazów cieplarnianych. Zastępowanie uprawy tradycyjnej – płużnej (orki) uprawą konserwującą nabiera w Polsce coraz większego znaczenia ze względu na ograniczenie zagęszczenia warstwy podornej oraz ochronę gleby przed erozją wodną i wietrzną [Dexter i in. 2004]. Uprawa bezorkowa zmniejsza parowanie i poprawia infiltrację [Niedźwiecki i in. 2006], a ponadto zwiększa stabilność gleby [Czyż 2003, 2005, 2007] oraz zawartość substancji organicznej i aktywność biologiczną gleby [Urbanek i Horn 2006]. Sposób użytkowania gleb i zabiegi agrotechniczne wywierają silny wpływ na emisję i pochłanianie gazów. Dwutlenek węgla i tlen są podstawowymi gazami biorącymi udział w wymianie gazowej pomiędzy powietrzem glebowym i atmosferą. Ilość CO_2 wydzielanego z gleby jest silnie determinowana przez strukturę, warunki wodno-powietrzne i temperaturę gleby, a więc czynniki wpływające na oddychanie mikroorganizmów glebowych i korzeni roślin oraz na dyfuzję gazów w układzie glebowym [Witkowska-Walczak i in. 2003; Włodarczyk i in. 2002]. Obawy wywołane wzrastającym poziomem stężenia CO_2 i globalnym ociepleniem klimatu znalazły swoje odzwierciedlenie we wzrastającym zainteresowaniu problemem możliwości ograniczania emisji gazów cieplarnianych (CO_2 , NH_3 i CH_4) także z rolnictwa. Jednym ze sposobów jest możliwość zmagazynowania węgla z atmosfery poprzez związanie go w glebowej substancji organicznej m.in. poprzez stosowanie uproszczeń uprawowych takich jak uprawa konserwująca oraz siew bezpośredni [Hatano i Lipiec 2004].

Jak wynika z istniejącego stanu wiedzy, alternatywne technologie uprawy mogą wpływać na obniżenie kosztów bezpośrednich produkcji roślinnej, korzystnie wpływać na właściwości gleby, od których również zależne jest plonowanie roślin, a także przyczynić się skutecznie do ograniczenia efektu cieplarnianego poprzez kumulację CO_2 w glebie.

Cel, zakres i metodyka badań

Celem niniejszej pracy była ocena trzech różnych systemów uprawy pszenicy ozimej w aspekcie:

- zużycia paliwa,
- właściwości fizycznych i mechanicznych gleby,
- plonowania roślin.

Badania przeprowadzono na polu o powierzchni 8,98 ha należącym do Stacji Doświadczalnej Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Jelczu Laskowicach. Pole to zostało podzielone na trzy części o szerokości 90 m każda, na których prowadzono uprawę gleby trzema różnymi technologiami: orkową, bezorkową i siewem bezpośrednim. Takie systemy uprawy roli na badanej powierzchni stosowane są już od 19 lat. Badana gleba zaliczana jest do kategorii gleb lekkich, 4 kompleksu przydatności rolniczej. Skład granu-

lometryczny badanej gleby to głównie piasek gliniasty, miejscami glina piaszczysta. Uprawa roślin odbywa się według przyjętego płodozmianu: rzepak ozimy, pszenica ozima, kukurydza, pszenica jara. Badania przeprowadzono w uprawie pszenicy ozimej odmiany Zawisza. Ilość wysianego ziarna, niezależnie od technologii uprawy gleby, wynosiła 230 kg na 1 ha. Pszenica ozima niezależnie od zastosowanego systemu uprawy otrzymała takie same dawki nawozów. Ocenie poddano ilość paliwa zużytego na wykonanie zabiegów agrotechnicznych w analizowanych systemach uprawy oraz uzyskany plon ziarna. Analizowano również wybrane właściwości gleby poddawanej różnym systemom uprawy. Pomiary właściwości gleby takie jak: wilgotność, zwięźłość, zawartość CO₂ w glebie wykonano w następujących fazach rozwoju pszenicy ozimej: wschody (09.11.2010), kłoszenie (06.05.2011) i dojrzałość woskowa (12.07.2011).

Pomiary zużycia paliwa w poszczególnych zabiegach agrotechnicznych wykonywano z wykorzystaniem Systemu Zarządzania Flotą Fleet Management Professional 8 firmy VDO. System ten współpracował z elektronicznym przepływomierzem paliwa zamontowanym w układzie paliwowym i był zasilany z instalacji elektrycznej ciągnika.

Pomiary zwięźłości i wilgotności gleby przeprowadzono z wykorzystaniem Penetrologger'a firmy Eijkelkamp. Urządzenie składa się z czujnika siły, rejestratora, żerdzi sondującej, stożka o polu podstawy równym 1 cm² i kącie rozwarcia 60° (zgodnie z normą NEN 5140) oraz ultradźwiękowego systemu pomiaru zagłębienia z dokładnością do 0,01 m. Prędkość zagłębiania stożka w glebie wynosiła 0,02 m·s⁻¹. Zwiężłościomierz umożliwia pomiar w zakresie (0-10 MPa) z dokładnością do 0,1 kPa. Penetrologger wyposażony jest w czujnik ThetaProbe ML2x służący do pomiaru objętościowej wilgotności gleby z dokładnością do 1%. Zasada działania czujnika oparta jest o pomiar współczynnika fali stojącej sygnału o częstotliwości 100 MHz w badanym materiale.

Do pomiaru zawartości CO₂ w glebie zastosowano ręczny miernik CARBOCAP Hand-Held Carbon Dioxid Meter GM 70 fińskiej firmy Vaisala wyposażony w sondę pomiarową o zakresie pomiarowym 0-5% i dokładności 0,001%. Przyrząd umożliwia rejestrację zmian zawartości CO₂ w czasie.

Wyniki badań i ich analiza

W tabeli 1 zestawiono zabiegi agrotechniczne wykonywane w pszenicy ozimej uprawianej trzema różnymi technologiami. W tabeli 2 przedstawiono agregaty ciągnikowe wykorzystywane do ich realizacji. Analizując dane prezentowane w tabelach zaobserwować można, że poszczególne systemy uprawy różniły się liczbą przeprowadzonych zabiegów, głównie ingerujących w glebę, jak również zastosowanymi agregatami ciągnikowymi. W uprawie tradycyjnej pszenicy ozimej wykonano łącznie 13 zabiegów, z czego 5 to zabiegi związane z uprawą gleby i siewem. W uprawie uproszczonej (uproszczenie polegało na eliminacji orki) pozostałe zabiegi wykonano podobnie jak w uprawie tradycyjnej. W uprawie „zerowej” jedynym zabiegiem ingerującym w glebę był siew ziarna, realizowany specjalistycznym siewnikiem do siewu bezpośredniego.

Tabela 1. Zestawienie zabiegów agrotechnicznych wykonanych w pszenicy ozimej uprawianej różnymi technologiami

Table 1. A list of agro-technical operations carried out in winter wheat cultivated with various technologies

Data wykonania zabiegu	Uprawa tradycyjna	Uprawa bezorkowa (uproszczona)	Siew bezpośredni
09.08.2010	Wysiew wapna nawozowego	Wysiew wapna nawozowego	Wysiew wapna nawozowego
	Uprawa ścierniska na głębokość 8-10 cm		
16.08.2010	Orka na głębokość 25 cm	Uprawa ścierniska na głębokość 6-8 cm	Oprysk Roundup Max
20.09.2010	Nawożenie mineralne saletra amonowa	Nawożenie mineralne saletra amonowa	Nawożenie mineralne – saletra amonowa
24.09.2010	Talerzowanie na głębokość 8-10 cm	Talerzowanie na głębokość 8-10 cm	-
25.09.2010	Uprawa przedsiewna na głębokość 6 cm	Uprawa przedsiewna na głębokość 6cm	-
05.10.2010	Siew pszenicy ozimej	Siew pszenicy ozimej	Siew pszenicy ozimej
09.11.2010	Oprysk	Oprysk	Oprysk
07.03.2011	Nawożenie mineralne saletra amonowa	Nawożenie mineralne saletra amonowa	Nawożenie mineralne saletra amonowa
09.05.2011	Oprysk	Oprysk	Oprysk
30.05.2011	Oprysk	Oprysk	Oprysk
31.05.2011	Nawożenie mineralne mocznik	Nawożenie mineralne mocznik	Nawożenie mineralne mocznik
10.08.2011	Zbiór zboża	Zbiór zboża	Zbiór zboża

Do późniejszej uprawy gleby w systemie tradycyjnym użyto brony talerzowej, natomiast w uprawie bezorkowej zastosowano agregat do uprawy ściernisk złożony z kultywatora, sekcji brony talerzowej i wału strunowego. Obie maszyny o szerokości roboczej 3 m realizowały uprawę na głębokość 8–10 cm. Do wykonania orki na głębokość 25 cm w tradycyjnej technologii uprawy zastosowano 4-skibowy pług obracany. W celu doprawienia gleby w systemie tradycyjnym i bezorkowym wykonano zabieg talerzowania. Do uprawy przedsiewnej zastosowano agregat uprawowy o szerokości 4 m. Nawożenie mineralne wykonywano czterokrotnie rozsiewaczem nawozów o szerokości roboczej 18 m. Ochronę roślin realizowano opryskiwaczem polowym również o szerokości 18 m. Oprysk w uprawie tradycyjnej i bezorkowej wykonywano trzykrotnie, natomiast w siewie bezpośrednim czterokrotnie. Źródłem energii dla maszyn wykorzystywanych do poszczególnych zabiegów agrotechnicznych były ciągniki New Holland, modele: TD 80, TM 125, T 7030. Zbiór zboża przeprowadzono kombajnem New Holland TC 5050.

Tabela 2. Zestawienie agregatów ciągnikowych używanych w uprawie pszenicy ozimej uprawianej różnymi technologiami

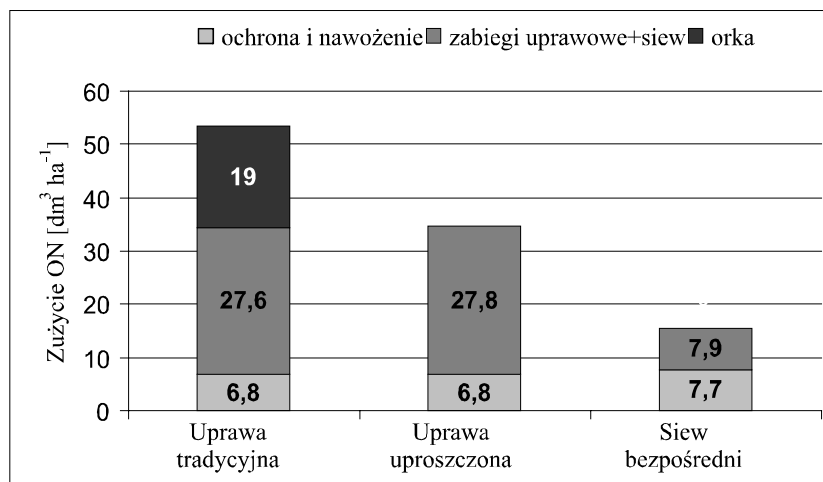
Table 2. A list of tractor units used for winter wheat cultivated with various technologies

Zabieg	Uprawa tradycyjna	Uprawa uproszczona	Siew bezpośredni
Uprawa ścierniska	NH TM 125 + Brona talerzowa CUT 3 m (Unia Group)	NH TM 125 + Agregat do uprawy ściernisk Kos 3 m (Unia Group)	-
Orka	NH T 7030 + Pług 4-skibowy obracany Ibis (Unia Grudziądz)	-	-
Uprawa przedsiewna	NH TM 125 + Brona talerzowa CUT 3 m (Unia Group) NH TM 125 + Agregat uprawowy 4 m Lech (Expom Krośniewice)	NH TM 125 + Brona talerzowa CUT 3 m (Unia Group) NH TM 125 + Agregat uprawowy 4 m Lech (Expom Krośniewice)	-
Siew	NH TD 80 + Siewnik Accord Pneumatic DL 3m (Kverneland)	NH TD 80 + Siewnik Accord Pneumatic DL 3m (Kverneland)	NH TD 80 + Siewnik Great Plains 2 m (Assaria Kansas)
Nawożenie mineralne	NH TD 80 + Zawieszany rozsiewacz nawozów DS – M - 1600 kg (Kverneland)		
Ochrona chemiczna	NH TD 80 + Opryskiwacz przyczepiany 18 m, 2000 litrów (Tad - Lem)		
Zbór zboża	Kombajn zbożowy New Holland TC 5050		

Na rysunku 1 przedstawiono zużycie oleju napędowego na uprawę pszenicy ozimej trzema różnymi technologiami. Jak wynika z prezentowanego diagramu najwięcej paliwa ($53,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) zużyto w uprawie tradycyjnej zboża, w uprawie uproszczonej zużycie ON wyniosło $34,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast w uprawie metodą siewu bezpośredniego niespełna $16 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Dane w tabeli potwierdzają znaną prawdę, że najbardziej energochłonnym zabiegiem jest orka. Jej eliminacja pozwala zredukować ogólne zużycie paliwa nawet o 35%. Paliwo zużyte na uprawę ścierniska, orkę, przygotowanie roli do siewu i siew nasion w uprawie tradycyjnej stanowiło 87% ogólnego zużycia paliwa, a w uprawie bezorkowej 80%. Paliwo zużyte na siew bezpośredni pszenicy ozimej stanowiło 50% paliwa zużytego na wszystkie zabiegi agrotechniczne w tej technologii uprawy.

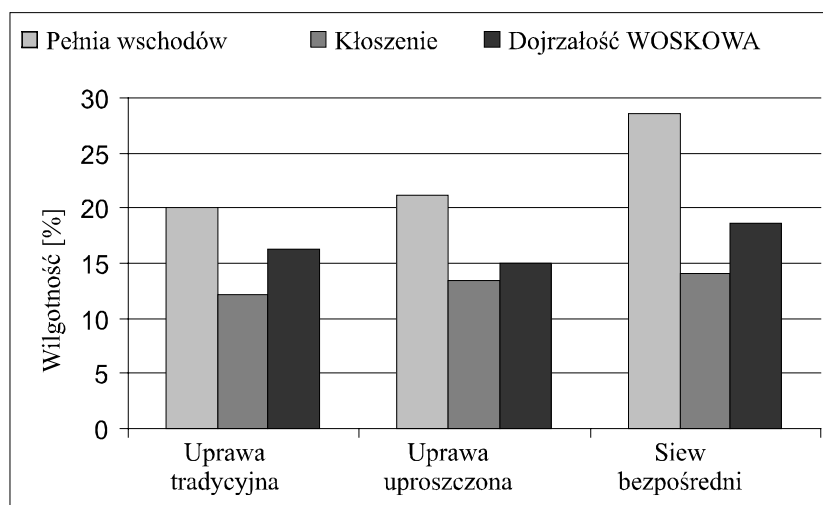
Na rysunku 2 zaprezentowano zmierzone wartości wilgotności gleby w różnych technologiach uprawy w terminach odpowiadających analizowanym fazom rozwojowym pszenicy.

Najwyższe wartości tego parametru uzyskano w każdym ze stosowanych systemów uprawy w listopadzie, po okresie wschodów. Zauważyć należy, że wówczas występowały największe różnice w wilgotności gleby pomiędzy analizowanymi systemami uprawy. Najwyższe wartości wilgotności gleby rejestrowano zawsze w uprawie metodą siewu bezpośredniego, jednak w dalszym okresie wegetacji różnice w poszczególnych uprawach były już mniej wyraziste. Stosunkowo niska wilgotność gleby w fazie tworzenia kłosów i później w czasie rozwoju ziarniaków niewątpliwie przyczyniła się do niskiej wydajności ziarna.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Zużycie oleju napędowego na uprawę pszenicy ozimej różnymi technologiami
Fig. 1. Diesel oil consumption on winter wheat cultivated with different technologies

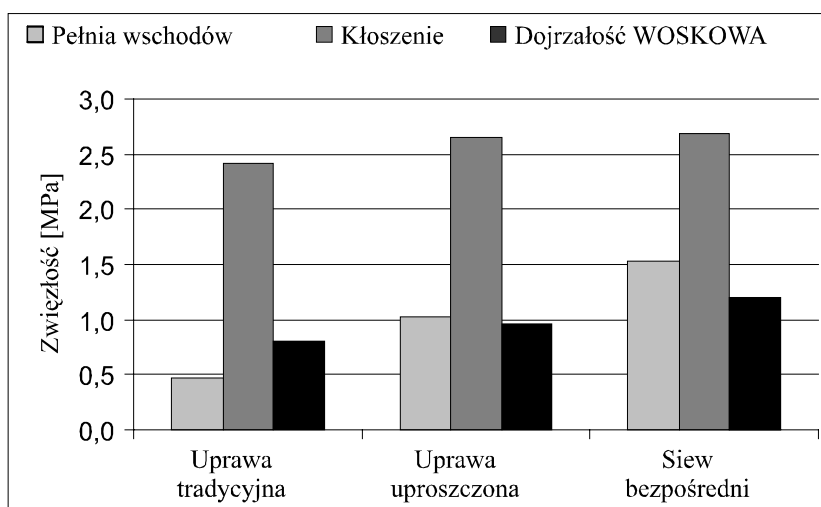


Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Wilgotność gleby uprawianej trzema różnymi technologiami
Fig. 2. Humidity of soil cultivated with three different technologies

Na rysunku 3 przedstawiono średnią zwężłość mierzoną w warstwie 0-0,25 m gleby uprawianej odmiennymi systemami. Najmniejszą zwężłość gleby (0,5 MPa) odnotowano w uprawie tradycyjnej w okresie jesiennym, co było efektem spulchnienia gleby w czasie wykonywania orki i zabiegów doprawiających. W tym czasie zwężłość gleby uprawianej

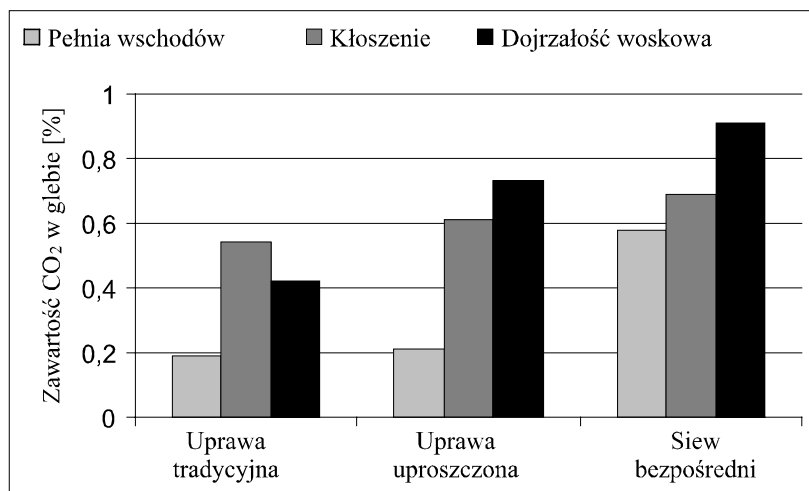
metodą bezorkową wynosiła 1 MPa, co wynikało z powierzchniowej uprawy gleby do głębokości 0,1 m. W siewie bezpośrednim wartość analizowanego parametru kształtowała się na poziomie 1,5 MPa. Największe wartości zwięzłości (około 2,5 MPa) we wszystkich systemach uprawy gleby zaobserwowano w maju, w fazie kłoszenia pszenicy. Taki stan rzeczy należy tłumaczyć przede wszystkim niewielką ilością opadów, procesem zagęszczania się gleby oraz oddziaływaniem mocno ukorzenionych roślin rosnących w zwarcie. W lipcu, pod koniec okresu wegetacyjnego pszenicy, zwięzłość gleb uprawianych odmiennymi technologiami była porównywalna i kształtowała się na poziomie 1 MPa.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Średnia zwięzłość gleby uprawianej trzema różnymi technologiami, w warstwie 0-0,25 m
Fig. 3. Average compactness of soil cultivated with three different technologies in a layer of 0-0.25 m

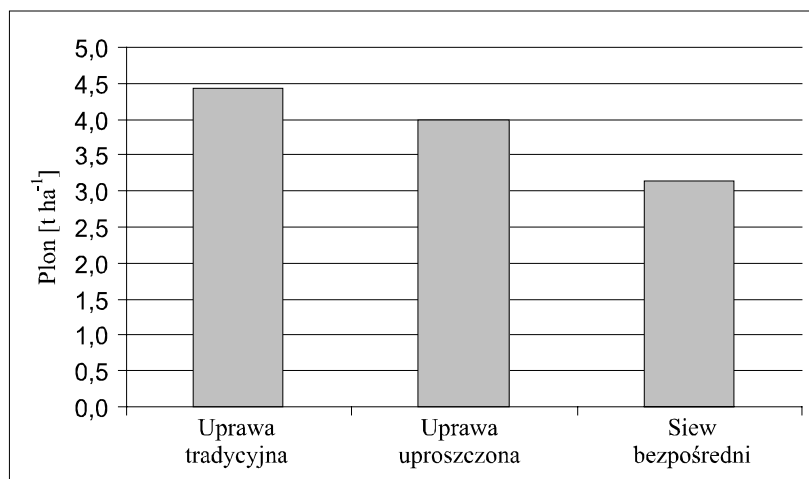
Na rysunku 4 przedstawiono procentową zawartość CO_2 w glebie uprawianej odmiennymi technologiami w trzech terminach okresu wegetacyjnego pszenicy ozimej. Zróżnicowanie zawartości dwutlenku węgla w glebie w okresie wegetacji wynika z procesów życiowych zarówno roślin jak i organizmów glebowych. Zaobserwowano, że największa koncentracja CO_2 , niezależnie od terminu pomiaru, występowała w uprawie metodą siewu bezpośredniego. Zjawisko to potwierdza fakt, że redukcja liczby zabiegów uprawowych przyczynia się do akumulacji CO_2 w glebie i jest skutecznym sposobem ograniczania emisji tego gazu z gleby do atmosfery. Zmagazynowana w glebie substancja organiczna może powiązać znaczne ilości CO_2 . Z kolei intensywna uprawa płużna niszczy stabilną strukturę gruzelkową powodując wzmożone wydzielanie CO_2 . Jacops i in [2009] w swoich badaniach wykazali również, że uprawa konserwująca zatrzymuje C_{org} w glebie i ogranicza uwalnianie się CO_2 do atmosfery.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Zawartość CO₂ w glebie uprawianej trzema różnymi technologiami
Fig. 4. CO₂ content in soil cultivated with three different technologies

Plony pszenicy ozimej w roku 2011 były ogólnie niskie, co wynikało ze specyfiki przebiegu pogody. W uprawie tradycyjnej zebrano 4,4 t, w uprawie uproszczonej 4,0 t, natomiast w warunkach siewu bezpośredniego plon wyniósł 3,1 t ziarna z 1ha. Wydajność ziarna z 1 ha pola uprawianego metodą siewu bezpośredniego była o 30%, a z pola o bezorkowym systemie uprawy o 10% niższa niż w uprawie tradycyjnej.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Plon pszenicy ozimej uprawianej trzema różnymi technologiami w 2011 r.
Fig. 5. Winter wheat crop cultivated with three different technologies in 2011

Analiza właściwości gleby, mających pewien wpływ na plonowanie roślin wykazała, że różnice w wydajnościach ziarna z 1 ha nie powinny być aż tak znaczne. Można dlatego przypuszczać, że przyczyną wyraźnie niższego plonowania pszenicy ozimej uprawianej metodą siewu bezpośredniego była mniejsza obsada roślin na jednostce powierzchni w porównaniu do obsady na polach uprawianych metodą tradycyjną czy uproszczoną. Na wielkość plonu niewątpliwie wpływ miała również mała ilość opadów jesienią jak również w okresie od kwietnia do lipca. Należy nadmienić także, że szczególnie niskie plony zbóż ozimych, w warunkach stosowania uproszczeń uprawowych, obserwuje się po rzepaku, szczególnie przy niskich opadach w okresie uprawek późniejszych, co znajduje potwierdzenie w badaniach Wojciechowskiego i in. [2004].

Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji, dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Analiza ta wykazała istotny wpływ systemu uprawy na wielkość zużytego oleju napędowego, plon oraz badane właściwości gleby tj. wilgotność, zwięzłość, zawartość CO₂. Wyniki analizy zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Analiza statystyczna wyników badań

Table 3. Statistical analysis of the research results

Czynnik	Wartości p				
	Zużycie ON	Plon	Wilgotność	Zwięzłość	Zawartość CO ₂
System uprawy	0,000001	0,000001	0,000085	0,000001	0,000001

Źródło: opracowanie własne

Wnioski

1. Zużycie paliwa w uprawie pszenicy ozimej trzema technologiami różniło się istotnie. W uprawie pszenicy ozimej metodą tradycyjną zużyto 53,4 litra oleju napędowego na 1 ha. Eliminacja orki w uproszczonej technologii uprawy pozwoliła na zmniejszenie zużycia oleju napędowego o 34%, natomiast rezygnacja z uprawy gleby w przypadku siewu bezpośredniego skutkowało o 70% mniejszym zużyciem paliwa niż w metodzie tradycyjnej.
2. Największą wilgotnością, zwięzłością oraz najwyższą zawartością CO₂, niezależnie od fazy rozwoju zboża, charakteryzowała się gleba uprawiana metodą siewu bezpośredniego. Największe różnice w wartościach analizowanych parametrów gleby pomiędzy poszczególnymi systemami uprawy stwierdzono jesienią – po siewie. W dalszym okresie wegetacji różnice te ulegały znacznemu zmniejszeniu.
3. Wykazano znaczne zróżnicowanie w plonie ziarna pszenicy ozimej uzyskanym w poszczególnych technologiach uprawy, przy czym plony pszenicy ozimej w analizowanym roku należy uznać za niskie. Na niskie plonowanie zasadniczy wpływ miała mała ilość opadów w okresie wschodów oraz w fazie kłoszenia i formowania ziarniaków. Można wnioskować, że system uprawy odegrał w plonowaniu rolę drugorzędną. Wydaje się jednak, że dla oceny efektywności plonotwórczej analizowanych systemów

uprawy roli nie powinno się ograniczać tylko do oceny plonów z jednostki powierzchni, ale również uwzględnić nakłady ponoszone na uprawę.

Bibliografia

- Czyż E.A.** (2003): Podatność na destrukcję gleb użytków rolnych w Polsce. *Pam. Puław.* 13, 21-31.
- Czyż E.A.** (2005): Ilościowa i przestrzenna charakterystyka podatności na destrukcję gleb użytków rolnych w Polsce. *Inżynieria Rolnicza*, 3(63), 15-23 (ISSN 1429-7264).
- Czyż E.A.** (2007): Wybrane właściwości fizyczne gleb. *Wademekum Klasyfikatora Gleb.*, IUNG-PIB, Puławy, 22-51, ISBN 978-83-89576-88-0.
- Dopka D.** (2004): Efektywność energetyczna zróżnicowanej uprawy przedsięwnej na przykładzie pszenżyta ozimego. *Annales UMCS, Sec. E.* 59, 4, 2071-2077.
- Dzienia S., Piskier T., Wereszczaka J.** (1994): Wpływ uproszczonych sposobów uprawy gleby na nakłady energetyczne i plonowanie pszenżyta ozimego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Roln.*, XVIII, 162, 43-48.
- Dzienia S., Wereszczaka J.** (1999). Efektywność systemów uprawy roli pod pszenicę ozimą na glebie kompleksu pszennego dobrego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 195 *Agricultura*, (74), 181-184.
- Hatano R., Lipiec J.** (2004): Effects of land use and cultural practices on greenhouse gas fluxes in soil. *Acta Agrophysica*, 109, 3-50.
- Jacobs A., Rauber R., Ludwig B.** (2009): Impact of reduced tillage on carbon and nitrogen storage of two haplic luvisols after 40 years. *Soil and Tillage Research*. 102, 1: 158-164.
- Jaskulska I.** (2005): Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na plonowanie roślin i efektywność energetyczną stosowanych nawozów w zmianowaniu. *Fragm. Agron.*, 1(85), 88-100.
- Kordas L.** (1999): Energochłonność i efektywność różnych systemów uprawy roli w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 195 *Agricultura* (74), 47-52.
- Nasalski Z., Sadowski T., Stępień A.** (2004): Produkcyjna, ekonomiczna i energetyczna efektywność produkcji jęczmienia ozimego przy różnych poziomach nawożenia azotem. *Acta Scientiarum. Polonorum.*, *Agricultura*, 3(1), 83-90.
- Niedźwiecki J., Czyż E. A., Dexter A. R.** (2006): Przewodność hydrauliczna warstwy ornej gleb w zależności od parametrów fazy stałej gleby. *Pam. Puław.*, 148, 297-307.
- Starczewski J., Bombik A., Dopka D.** (2003): Reakcja pszenżyta ozimego na wybrane czynniki agrotechniczne. *Folia Univ. Agric. Stetin. Agricult.*, 231, 183-192.
- Urbanek E., Horn R.** (2006): Change in soil organic matter, bulk density and tensile strength of aggregates after percolation in soil after conservation and conventional tillage. *Int. Agrophysics*, 20, 245-254.
- Witkowska-Walczak B., Walczak R., Ostrowski J.** (2003): Pore size distribution and amount of water available for plants in arable soils of Poland. *Int. Agrophysics*, 17, 213-217.
- Włodarczyk T., Stępniewski W., Brzezińska M.** (2002): Dehydrogenase activity redox potential, and emissions of carbon dioxide and nitrous oxide from Cambisols under flooding conditions. *Biol. Fertil. Soils*, 36, 200-206
- Wojciechowski W., Waclawowicz R., Sowiński J.** (2004): Wpływ zróżnicowanych systemów uprawy pszenicy ozimej na wybrane wskaźniki struktury gleby. *Fragm. agron.* (21). Nr 3 (83).

EVALUATION OF CULTIVATION SYSTEMS IN RELATION TO FUEL CONSUMPTION, PLANTS CROPPING AND SOIL PROPERTIES

Abstaract. The purpose of the work was to estimate systems for winter wheat cultivation in relation to fuel consumption, crop seize and soil properties. Research was carried out for winter wheat crop carried out with traditional non-plough systems in direct sieving conditions. Operations carried out for cultivation performed with different technologies were analysed. Measurement of fuel consumption was carried out with the use of Fleet Management System. Humidity and compactness of soil was measured by Penetrologger and CO₂ content in soil with the use of a hand measure equipped with a special sonde. The research proved that using cultivation simplifications results in a considerable limitation of fuel consumption and unfortunately results in the decrease of seed crop. Differences between cultivations in the analysed values of soil properties were reported, whereas the biggest discrepancies occurred after autumn cultivating operations. After winter and during a further vegetation period, these differences decreased significantly.

Key words: cultivation technology, fuel consumption, crop, soil properties

Adres do korespondencji:

Anna Cudzik; e-mail: anna.cudzik@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław