

## WORK QUALITY INDEX AND ENERGY CONSUMPTION INDEX FOR TWO-LAYER CULTIVATION AND DEEP PLOUGH

### Summary

*The research conducted into soil cultivation has resulted in the development of new technologies mainly comprising in the exclusion of plough and shallowing the cultivation depth. A comparative research into two soil cultivation technologies has been conducted – one-layer cultivation (plough) and two-layer cultivation (in one operational drive-through) on various working depth scales and in various positions in order to determine work quality and energy consumption indices for cultivation. The research determined work quality and energy consumption indices for two-layer cultivation and deep plough. It has been proven that a tooth-plate plough shows better indices of work quality and at a comparative working depth it shows lower energy consumption indices at soil cultivation.*

## WSKAŹNIKI JAKOŚCI PRACY I ENERGOCHŁONNOŚCI UPRAWY DWUWARSTWOWEJ ORAZ GŁĘBOKIEJ ORKI

### Streszczenie

*Badania nad uprawą gleby przyczyniają się do opracowania nowych technologii, zmierzających w kierunku rezygnacji z orki i spłycenia głębokości uprawy. Przeprowadzono badania porównawcze dwóch technologii uprawy roli: jednowarstwowej (płużnej) i dwuwarstwowej (wykonywanej w jednym przejeździe roboczym), na różnych głębokościach roboczych i na różnych stanowiskach, w celu wyznaczenia wskaźników jakości pracy i energochłonności zabiegu uprawy. Określono wskaźniki jakości pracy i energochłonności uprawy dwuwarstwowej i głębokiej orki. Wykazano, że pług zębowo-talerzowy do orki dwuwarstwowej uzyskuje korzystniejsze wskaźniki jakości pracy od pługa obracalnego i przy porównywalnej głębokości pracy niższe wskaźniki energochłonności zabiegu uprawy.*

### 1. Wstęp

W gospodarstwach ekologicznych uprawę płużną wykonuje się w okresie jesiennym, przed wysiewem ozimin. Zabieg ten jest skutecznym sposobem walki z chwastami, szczególnie z gatunkami wieloletnimi. Niestety, głębokie odwrócenie gleby powoduje wyoranie jałowej martwicy na powierzchnię pola i zbyt głębokie przykrycie bogatej w mikroorganizmy glebowe warstwy górnej, która powinna tworzyć warstwę siewną [3]. Innym negatywnym skutkiem stosowania uprawy płużnej jest powstawanie podeszwy płużnej oraz nadmierne zagęszczenie podglebia, powstające głównie w wyniku nacisków lemieszki i kół ciągnika poruszającego się w bruzdzie. Rozwiązaniem najprostszym jest stosowanie w ciągnikach współpracujących z pługami opon szerokoprofilowych o mniejszych naciskach jednostkowych, które wymagają jednak szerszej bruzdy wyorywanej na przykład przez korpus romboidalny lub specjalny zapłutek, montowany za ostatnim korpusem płużnym. Rozwiązaniem najbardziej pożądanym, wymagającym jednak zmian w konstrukcji pługów, jest prowadzenie ciągnika współpracującego z pługiem wszystkimi kołami po caliznie.

Zalecane w gospodarstwach ekologicznych narzędzia do orki dwuwarstwowej są rzadko stosowane ze względu na ich brak na krajowym rynku. Orka dwuwarstwowa polega na płytkim odwróceniu gleby i jednoczesnym spulchnieniu głębszej warstwy gleby. Dotychczas do uprawy dwuwarstwowej stosowano pługi wyposażone w pogłębiacze zamontowane na korpusach. Zakres głębokości roboczej pogłębiaczy był z reguły zbyt mały, aby umożliwić zrywanie istniejącej podeszwy płużnej, przy małym zagłębieniu korpusów. Natomiast przy dużym ich zagłębieniu i jedno-

czesnym spulchnianiu podglebia pogłębiaczami następowało zbyt głębokie odwrócenie gleby.

Badania nad uprawą gleby przyczyniają się do opracowania nowych technologii, zmierzających w kierunku rezygnacji z orki i spłycenia głębokości uprawy [1]. Brak jest badań, w których by wykazano walory stosowania uprawy dwuwarstwowej. Dlatego podjęto badania porównawcze dwóch technologii uprawy roli: jednowarstwowej (płużnej) i dwuwarstwowej (wykonywanej w jednym przejeździe roboczym). Badania porównawcze prowadzono na różnych głębokościach roboczych i na różnych stanowiskach, w celu określenia wskaźników jakości pracy i energochłonności zabiegu uprawy [4].

### 2. Obiekt badań

Przedmiotem badań były dwa narzędzia: pług lemieszowy obracalny KM 180 - produkcji AKPIL Pilzno i pług zębowo-talerzowy, produkcji BOMET Węgrów.

Pług lemieszowy obracalny składał się z belki głównej, do której mocowany był przodek z systemem obrotu, korpusy płużne, kroje tarczowe i koło kopiujące. Pług wyposażony był w system umożliwiający wykonanie w jednym cyklu zawężenia ramy, obrotu względem przodka i ponownego poszerzenia ramy do odkładania skib w przeciwną stronę. W pługu zastosowano regulację śrubową ustawienia szerokości roboczej pierwszej skiby. Zmianę szerokości orki wykonywano przez zmianę ustawienia korpusów, co umożliwiło ustawienie czterech szerokości skib (36, 40, 44 i 48 cm) i czterech szerokości orki (1,8; 2,0; 2,2; 2,4 m). Pług wyposażony był w 5 (4+1) korpusów płużnych z odkładnicami półśrubowymi ażurowymi i ścinaczami mocowanymi powyżej odkładnic oraz w le-

mieszce z wymiennymi dłutami. Przed przeciążeniami korpusy pługowe były zabezpieczone mechanizmami hydraulicznymi typu *Non-Stop*. Umożliwiało to utrzymanie korpusów w pełnym zagłębieniu nawet przy bardzo dużych oporach roboczych oraz ich wychylenie w górę przy silnym przeciążeniu i automatyczne zagłębienie po ominięciu przeszkody. Wysokość ustawienia koła, a tym samym głębokość orki zmieniano za pomocą zderzaka ustalającego położenie koła mocowanego do ramy przy trzecim korpusie. Pług wyposażony był w kroje tarczowe mocowane na ramionach mechanizmów zabezpieczających tylne korpusy pługowe.

Narzędziem do uprawy dwuwarstwowej był pług zębowo-talerzowy, w którym elementy robocze ustawione były w trzech rzędach. W pierwszym rzędzie znajdowały się zęby głębosza mocowane na przedniej belce ramy nośnej w podziałce 750 mm, które spulchniały glebę na pełnej głębokości uprawy. Zęby głębosza zabezpieczone były ścinanymi bezpiecznikami, które podlegają wymianie. Zęby kultywatora znajdowały się w drugim rzędzie, również w podziałce 750 mm, ale przesuniętej o 375 mm względem zębów głębosza. Talerze ustawione były w trzecim rzędzie, w podziałce 375 mm, przestawionej względem zębów głębosza i kultywatora. Regulacja kąta natarcia wszystkich talerzy jednocześnie odbywała się za pomocą siłownika hydraulicznego, przesuwającego listwę łączącą ramiona talerzy. Siłownik uniemożliwia samoczynne przestawienie się talerzy podczas pracy. Tył pługów podczas pracy wsparty był na wale strunowo-pierścieniowym, który wstępnie był ustawiony ok. 5 cm wyżej niż zakładana głębokość robocza zębów głębosza. Wał kruszy i wyrównuje glebę na powierzchni oraz dociska warstwę wierzchnią, wraz z wymieszanymi resztkami roślinnymi, do warstwy głębszej spulchnionej zębami głębosza. Pług zębowo-talerzowy wyposażony był w dwa koła ustalające zagłębienie zębów głębosza. Koła usytuowane były z boku ramy, za zębami i toczyły się na skrajach obrabianego pasa gleby. Szerokość robocza pługów zębowo-talerzowych wynosiła 3,0 m.

### 3. Metody badań

Badania przeprowadzono na polach Kórnickiego Przedsiębiorstwa Rolno-Handlowego i Usługowego JAGROL, z siedzibą w Pierzchnie. Podczas badań narzędzia współpracowały z ciągnikiem Deutz-Fahr Agrottron X720 (klasa 4, 4K4) o mocy 198 kW oraz Fendt 926. Badania prowadzono na dwóch stanowiskach. Pierwszym z nich było pole z rozrzuconym obornikiem, drugim natomiast pole z porośniętym ścierniskiem po zbiorze pszenicy (średnia wysokość ścierniska wynosiła do 20 cm, ściernisko było porośnięte perzem o bardzo dużej koncentracji w śladach po rzędach słomy). Na podstawie obserwacji i pomiarów oceniono: spulchnienie i zbrylenie gleby, przykrycie i wymieszanie resztek poźniwnych, stan powierzchni gleby po uprawie, nierównomierność powierzchni pola oraz zapchania elementów roboczych i drogę zagłębienia. Metody pomiarów i obliczenia wskaźników były zgodne z wymaganiami normy PN-90/R-55021 [3]. Wymieszanie resztek poźniwnych z glebą oceniono na podstawie odkrywek spulchnionej gleby, a stopień powierzchniowego przykrycia oceniono metodą wagową wyznaczając masę resztek na powierzchni pola przed i po uprawie. Utrzymywanie nastawionej głębokości roboczej oceniono na podstawie szczegółowych pomiarów zagłębienia wzdłuż pasa roboczego. Podczas badań okre-

ślono opory robocze i zużycie paliwa w litrach na hektar. Opory robocze pługów obracalnych były rejestrowane przy największej szerokości skib, tj.  $5 \times 48 = 240$  cm. W celu określenia oporów pługów zastosowano metodę przeciągania ciągnika. Od uzyskanej siły, potrzebnej do przeciągania ciągnika z zagłębionym pługiem, odjęto siłę potrzebną do przeciągania ciągnika z uniesionym pługiem (tzw. opory przetaczania). Opór roboczy pługów zębowo-talerzowych wyznaczony został za pomocą ramy pomiarowej z czujnikiem siły U2A. Badania przeprowadzono na glebie średniej, o wilgotności bezwzględnej 10-12%, która bardzo dobrze się kruszyła. Zakamienienie na wszystkich polach było niewielkie, a w spulchnianej warstwie sporadycznie występowały duże kamienie. Drugim ważnym pomiarem w badaniach energetycznych był pomiar zużycia paliwa, który przeprowadzono metodą „pełnego zbiornika”.

Każdą maszyną wykonano przejazdy robocze przy zbliżonych wartościach głębokości i prędkości roboczych. Dla pługów lemieszowych obracalnych przyjęto głębokość roboczą ok. 0,35 m i prędkość roboczą 8,5 km/h, a dla pługów zębowo-talerzowych odpowiednio 0,45 m i 10 km/h. Przyjęte parametry robocze mieściły się w zakresie zalecanym przez producenta.

### 4. Porównanie wskaźników jakości pracy

Podczas badań określono wskaźniki jakości uprawy gleby na dwóch stanowiskach: na polu z rozrzuconym obornikiem oraz na polu z porośniętym ścierniskiem (tab. 1).

Pług zapewnił bardzo dobre, pełne (100%) przykrycie resztek poźniwnych i obornika. Tylko w tych miejscach pola, gdzie porost samosiewów był wysoki (0,3-0,4 m), pomiędzy odłożonymi skibami wystawały nie przykryte w pełni resztki roślinne. Wówczas uzyskano wskaźnik przykrycia resztek roślinnych ok. 85%. Przyorane resztki, zarówno obornika jak i ścierniska, były układane pasmowo i zgromadzone na styku odłożonych skib. Resztki roślinne i obornik przysypane były warstwą gleby o grubości 15 cm. Korzystny wpływ na przykrycie resztek roślinnych mają ścinacze listwowe, mocowane na korpusach powyżej odkładnic. Wskaźnik przykrycia resztek roślinnych poprawia się przy większej prędkości orki. Wtedy skiby są lepiej dokładane i następuje lepsze przykrycie resztek na styku skib. Nie stwierdzono zapychania się przestrzeni pomiędzy listwami korpusu resztkami roślinnymi. Korpusy pługowe wyposażone były w odkładnice ażurowe. Korpusy te lepiej spulchniają glebę, czego dowodem jest wskaźnik spulchnienia gleby. Wskaźnik obliczony na podstawie głębokości orki i miąższości odłożonych skib dla orki głębokiej wyniósł ok. 35%. Ponadto korpusy ażurowe bardzo dobrze kruszą glebę i nie powodują silnego zamazywania powierzchni wilgotnych skib (co ma miejsce w przypadku korpusów z pełnymi odkładnicami). Na glebie średniej zbrylenie powierzchni nie przekraczało 10%.

Przy stosowaniu pełnej szerokości orki ( $5 \times 0,48$  m) uzyskano wartość wskaźnika nierównomierności szerokości orki 3,9%. Przy dobrym ustawieniu ramy pługów w stosunku do kierunku orki nie było problemów z utrzymaniem prostoliniowości prowadzenia ciągnika w brudzie. Podczas wykonywania głębokiej orki pług dobrze utrzymywał nastawioną głębokość, a maksymalne różnice tego parametru wynosiły 5 cm. Wskaźnik nierównomierności głębokości orki wyniósł 1,9%, a droga zagłębienia pługów do uzyskania pełnej nastawionej głębokości orki wyniosła 2,8 m. Dłuta

przykręcane na dziobach lemieszki poprawiają zagłębienie się pługa, a ich nieznaczne wystawanie poniżej ostrzy lemieszki (ok. 20 mm) zapobiega złobieniu głębokich bruzd przy ściankach bruzdowych. Uzyskane wartości wskaźników nierównomierności szerokości i głębokości orki wskazują na dobrą stabilność roboczą pługa. Pług zapewniał dobre dokładanie skib i wyrównanie powierzchni pola. Odzrucenie skiby na 1,4 m zapewnia dobre dołożenie kolejnych skib. W czasie badań, przy prawidłowo wyregulowanym pługu, maksymalne nierówności na powierzchni odłożonych skib wyniosły ok. 6 cm. Wynika to z dobrego dokładania skib i dużego pochylenia skarpy skiby. Omówione wskaźniki jakości pracy pługa uzyskano przy pracy z prędkością roboczą 8 km/h. Współpracujący z pługiem lemieszowym obracalnym ciągnik poruszał się podczas orki w bruzdzie.

Pług zębowo-talerzowy bardzo dobrze pracował na polu z rozrzuconym obornikiem. Zęby głębsza głęboko spulchniały glebę, a zęby kultywatora spulchniały ją płycej pomiędzy śladami zębów głębsza. Talerze odkładając i przepychając glebę w bok kruszyły ją i mieszały z obornikiem, powodując w znacznej części jego powierzchniowe przykrycie. Takie płytkie przyoranie obornika prowadzi do jego rozkładu w warunkach dostatecznego dostępu powietrza. Wówczas następuje przyspieszenie jego mineralizacji i jest on szybciej i łatwiej dostępny dla roślin. Uzyskano wskaźnik przykrycia obornika wynoszący 95%, a spulchnienia gleby - 16-22%. Jakość głębokiego spulchnienia gleby była lepsza na glebach o nie nadmiernej wilgotności (wilgotność bezwzględna do 12%), gdyż taka gleba nie powodowała oblepiania talerzy. Pług zębowo-talerzowy pracował bardzo dobrze (bez zapchań) na polach z rozrzuconym obornikiem, bez nadmiernej ilości resztek poźniwnych. Na ściernisku porośniętym pozostałościami roślinnymi o wysokości ok. 20 cm uzyskano przykrycie resztek roślinnych w 68%. Przykrycie resztek roślinnych poprawiło się wraz ze wzrostem prędkości roboczej. Omówione wskaźniki jakości pracy pługa zębowo-talerzowego uzyskano przy pracy z prędkością roboczą 10 km/h.

W badanym pługu zębowo-talerzowym zęby głębsza można wyposażyć w wąskie redlice i dodatkowo w szerokie podcinacze boczne. Zęby z wąskimi redlicami doskonale nadają się do uprawy głębokiej (do 0,45 m), zapewniającej szczelinowe przerwanie podeszwy płużnej. Gleba, która jest unoszona przez redlice, wypiętrza się przed zębami, przy czym pochylone w bok skrzydełka redlic powodują intensywne jej rozluźnienie bezpośrednio przed trzonami zębów. Na powierzchni widać było pęknięcie wypiętrzającej się gleby wokół każdego zęba w pasie o szerokości 75 cm sięgającym ok. 55 cm przed trzon zęba. Z kolei zęby z redlicami i podcinaczami bocznymi spulchniają glebę znacznie intensywniej, gdyż podcinacze zwiększają szerokość podcięcia gleby do 35 cm. W tym przypadku gleba unoszona przez redlicę wypiętrza się przed zębami, a gleba unoszona podcinaczami z boku zębów. Na powierzchni widać pęknięcie wypiętrzającej się gleby wokół każdego zęba w pasie o szerokości 75 cm sięgającym ok. 65 cm przed trzon zęba. Dłuta redlic pozostawiają dno warstwy spulchnionej gleby o grzebieniastym zarysie. Zapobiega to tworzeniu się jednolitej zwięzłej warstwy poniżej poziomu ornego, a ponadto sprzyja zatrzymywaniu wód opadowych pod powierzchnią spulchnionej gleby. Stwierdzono, że do głębokiego spulchniania gleby można stosować tylko wąskie redlice, które przerywają szczelinowo głęboko zalegającą po-

deszwę płużną. W przypadku płytko zalegającej podeszwy płużnej i spulchniania tylko warstwy ornej należy stosować również podcinacze boczne, które znacznie poszerzają strefę spulchnienia gleby.

Pług zębowo-talerzowy w położeniu roboczym jest bardzo stabilny, o czym świadczą niskie wskaźniki nierównomierności głębokości roboczej od 12,8 do 16,4% dla zębów z redlicami oraz od 10,4 do 14,2% dla zębów z redlicami i podcinaczami. Zaletą pługa zębowo-talerzowego jest bardzo dobre zagłębienie się nawet na suchej i zwięzłej glebie. Decydują o tym zęby głębsza, które zagłębiają się pierwsze, a pod naporem gleby unoszonej przez redlice są wręcz wciągane w glebę. Droga zagłębienia się zębów głębsza do uzyskania maksymalnego zagłębienia 45 cm zarejestrowana podczas badań wahała się w zakresie 1,6-2,1 m. Podcinacze boczne montowane na trzonach zębów za redlicami nie pogarszały istotnie zagłębienia (droga zagłębienia wydłużała się o ok. 0,3 m), a po uzyskaniu pełnego zagłębienia działały wręcz stabilizująco. Współpracujący z pługiem zębowo-talerzowym ciągnik poruszał się podczas uprawy dwuwarstwowej po caliznie.

Tab. 1. Wskaźniki jakości pracy badanych narzędzi  
Table 1. Work quality indices of tested tools

Parametr	Jedn.	Wartość parametru	
		pług lemieszowy obracalny	pług zębowo-talerzowy
Prędkość robocza	km/h	8,5	10
Stanowisko		obornik, porośnięte ściernisko	
Stopień powierzchniowego przykrycia resztek poźniwnych	%	obornik 100; porośnięte ściernisko 85	obornik 95; porośnięte ściernisko 68
Spulchnienie gleby	%	35	16-22
Zbrylenie powierzchni	%	10	8
Wymieszanie resztek poźniwnych z glebą	-	pasowe	równomierne na całej szerokości roboczej
Głębokość umieszczenia resztek poźniwnych lub obornika	m	0,15	przykrycie powierzchniowe
Nierównomierność powierzchni pola	m	0,03-0,06	0,05-0,15

## 5. Wskaźniki energochłonności zabiegu uprawy roli

Podczas badań wyznaczono dwa wskaźniki energochłonności zabiegu uprawy gleby: opór roboczy i zużycie paliwa w litrach na hektar (tab. 2). Opory robocze pługa lemieszowego obracalnego były rejestrowane przy największej szerokości skib, tj.  $5 \times 48 = 240$  cm. Pomiarów oporów roboczych dokonano dla głębokości orki równej 35 cm i prędkości orki 8 km/h. Prędkość orki została tak dobrana, aby ciągnik miał zapas mocy na chwilowe przeciążenia. Dla przyjętych parametrów orki uzyskano opór roboczy pługa wynoszący 42 kN. W przeliczeniu na metr szerokości roboczej pługa opór wynosił 17,5 kN. Uzyskana wartość oporu wynika z podcinania lemieszami zwięzłej podeszwy płużnej, zalegającej na głębokości 35 cm. Zużycie paliwa

wyniosło 23,8 l/ha. Pomiarów oporów roboczych pługa zębowo-talerzowego dokonano podczas pracy z prędkością roboczą 8 km/h. Zęby głębosza pracowały na głębokości 45 lub 35 cm, a zęby kultywatora i talerze na głębokości 20 cm. Przy przyjętej prędkości orki uzyskano opór roboczy pługa zębowo-talerzowego równy 51,6 kN dla zębów głębosza pracujących na głębokości 45 cm oraz 37,5 kN dla zębów głębosza pracujących na głębokości 35 cm. W przeliczeniu na metr szerokości roboczej pługa uzyskano opór roboczy dla głębokości orki równej 45 cm - 17,2 kN/m oraz dla głębokości orki równej 35 cm - 12,5 kN/m. Zużycie paliwa wyniosło odpowiednio 23,6 l/ha i 19,2 l/ha.

Tab. 2. Wskaźniki energochłonności zabiegu uprawy roli obu badanymi narzędziami

Table 2. Indices of energy consumption at soil cultivation with tested tools

Parametr	Jedn.	Wartość parametru		
		pług lemieszowy obracalny	pług zębowo-talerzowy	
Prędkość robocza	km/h	8	8	
Głębokość robocza	m	0,35	zęby głębosza 0,45; zęby kultywatora 0,2; talerze 0,2	zęby głębosza 0,35; zęby kultywatora 0,2; talerze 0,2
Opór roboczy	kN	42	51,6	37,5
Opór roboczy na metr szerokości roboczej	kN/m	17,5	17,2	12,5
Zużycie paliwa	l/ha	23,8	23,6	19,2

Porównanie wskaźników energochłonności zabiegu uprawy roli badanymi narzędziami wykazało, że zarówno opory robocze na metr szerokości roboczej, jak i zużycie paliwa są porównywalne dla pługa lemieszowego obracalnego i pługa zębowo-talerzowego przy głębokości orki 35 cm i dla pługa zębowo-talerzowego przy zagłębieniu zębów 45 cm, a talerzy 20 cm. Natomiast przy zagłębieniu zębów na głębokość 35 cm, a talerzy na 20 cm, opory robocze i zużycie paliwa dla pługa zębowo-talerzowego były mniejsze odpowiednio o 11 i 19% w porównaniu do orki głębokiej (35 cm). Dodatkową korzyścią zastosowania pługa zębowo-talerzowego było to, że współpracujący z maszyną ciągnik

poruszał się wszystkimi kołami po caliznie (tzw. uprawa *on land*), co korzystnie wpływało na strukturę uprawianej gleby i eliminowało szkodliwe ugniatanie gleby w brzdach.

## 6. Wnioski

Na podstawie wyników badań można sformułować następujące wnioski.

1. Korpusy z odkładnicami azurowymi lepiej spulchniają glebę, bardzo dobrze ją kruszą oraz dobrze przykrywają resztki roślinne i obornik.
2. Pług zębowo-talerzowy na całej szerokości roboczej równomiernie przykrywa resztki roślinne i obornik, co jest zjawiskiem korzystnym w rolnictwie ekologicznym.
3. Praca pługa zębowo-talerzowego nie jest możliwa przy dużej ilości resztek poźniwnych lub silnym zadarnianiu samosiewami i chwastami, które powodują częste zapychanie talerzy.
4. Negatywnym efektem orki pługiem lemieszowym obracalnym jest tworzenie podeszwy płużnej, zagęszczenie podglebia kołami ciągnika, pracującymi w brzdzie, głębokie przyoranie bogatej w mikroorganizmy glebowej warstwy górnej oraz pasowe przykrycie resztek roślinnych.
5. Porównywalne są opory orki na metr szerokości roboczej i zużycie paliwa dla pługa lemieszowego obracalnego pracującego na głębokości 35 cm oraz pługa zębowo-talerzowego pracującego przy zagłębieniu zębów 45 cm i talerzy 20 cm.
6. Opory orki na metr szerokości roboczej oraz zużycie paliwa dla pługa zębowo-talerzowego przy zagłębieniu zębów wynoszącym 35 cm, a talerzy - 20 cm, w porównaniu do orki głębokiej (35 cm), są odpowiednio mniejsze - opory orki o 11% i zużycie paliwa o 19%.

## 7. Literatura

- [1] Dzienia S., Zimny L., Weber R.: Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragmenta agronomica* 2006, 2, s. 227-241.
- [2] PN-90/R-55021 Maszyny rolnicze. Metody badań narzędzi i maszyn uprawowych.
- [3] Zbytek Z.; Talarczyk W.: *Technologia uprawy roli*. [w:] Praca zbiorowa pod red. E. Dulceta i J. Fleszara pt. *Technologia prac maszynowych w rolnictwie ekologicznym*. Politechnika Koszalińska, Koszalin 2009, s. 34-49.
- [4] Zbytek Z. i in.: *Badania porównawcze uprawy dwuwarstwowej i głębokiej orki w aspekcie jakości i energochłonności zabiegu*. Maszynopis, PIMR, Poznań 2009.