

EFFECT OF STRIP TILLAGE AND MECHANICAL WEEDING ON PHYSICAL SOIL PROPERTIES IN CORN PLANTED AFTER WINTER COVER CROP*

Summary

A field experiment was conducted in the years 2012-2013 to determine the effect of tillage, including deep strip tillage, shallow strip tillage and conventional tillage, and weed control method (untreated control, mechanical, chemical) on physical soil properties in corn planted after winter rye cover crop for forage. Strip tillage was executed with the use of universal tool for strip tillage and for mechanical interrow cultivation. Cultivated strips were 25 cm wide and 15-20 cm deep in case of deep strip tillage, and 25 cm wide and 3-5 cm deep at shallow strip tillage. Conventional tillage was performed with moldboard plough at a depth of 20 cm. Mechanical weeding was also carried out with the use of universal tool for strip tillage and for mechanical interrow cultivation. On cultivated strip of plot after strip tillage, soil properties were similar to obtained at conventional tillage, soil bulk density between rows was much higher and total porosity and capillary water capacity reduced when compared to cultivated strip. Soil temperature was affected by the presence of rye stubble, weed cover, and mechanical weeding.

Key words: strip tillage, corn, mechanical weeding, soil, physical properties

WPŁYW PASOWEJ UPRAWY ROLI I MECHANICZNEGO ZWALCZANIA CHWASTÓW NA FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY W UPRAWIE KUKURYDZY W PLONIE WTÓRNYM *

Streszczenie

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2012-2013 w celu określenia wpływu sposobu uprawy roli, (uprawa tradycyjna, głęboka uprawa pasowa i płytka uprawa pasowa) oraz sposobu zwalczania chwastów (kontrola bez zwalczania, mechaniczne, chemiczne) na fizyczne właściwości gleby w kukurydzy, uprawianej w plonie wtórnym po życie na zielonkę. Uprawę pasową przeprowadzono uniwersalnym narzędziem uprawowo-pielęgnacyjnym. Uprawiane pasy miały 25 cm szerokości oraz 15-20 cm głębokości w przypadku głębokiej uprawy pasowej, natomiast w wersji płytkiej głębokość wynosiła 3-5 cm. Tradycyjną uprawę roli wykonano pługiem odkładnicowym na głębokość 20 cm. Pielenie mechaniczne wykonano również uniwersalnym narzędziem uprawowo-pielęgnacyjnym. W uprawionym pasie roli, po uprawie pasowej fizyczne, właściwości gleby były zbliżone do uzyskanych po uprawie tradycyjnej. Pomiedzy rzędami gęstość objętościowa gleby była znacznie większa, natomiast porowatość ogólna i kapilarna pojemność wodna niższe niż w pasie uprawionym. Temperatura gleby zależała od obecności ścierni żyta, chwastów i mechanicznego zwalczania chwastów.

Słowa kluczowe: pasowa uprawa roli, kukurydza, pielenie mechaniczne, gleba, właściwości fizyczne

1. Wstęp

Względy ekologiczne i ekonomiczne skłaniają do ograniczenia intensywności uprawy roli, aż do stosowania siewu bezpośredniego włącznie [1-10]. Daleko idące uproszczenia często jednak wiążą się z ograniczeniem plonowania roślin [2, 3, 6, 7], co wynika między innymi z pogarszających się warunków siewu oraz niektórych właściwości fizycznych roli. [5]. W przypadku kukurydzy za najważniejszy czynnik ograniczający kiełkowanie uważa się niską temperaturę gleby połączoną z jej nadmierną wilgotnością w okresie kiełkowania i wschodów [5, 10]. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie pasowej uprawy roli. Polega ona na uprawie pasa gleby w rzędzie roślin, natomiast międzyrzędzia pozostają nieuprawione. Pozwala to osiągnąć korzystne warunki wschodów, a jednocześnie znaczna część powierzchni pozostaje pokryta nienaruszonym mulczem [3, 6]. Nieodzownym zabiegiem w tej technologii jest przedsięwzięta aplikacja herbicydu nieselektywnego, a późniejsze zwalczanie chwastów również opiera się na zabiegach chemicznych. Ta technologia, wywodząca się ze Stanów Zjednoczonych, zaczyna powoli wchodzić do

praktyki rolniczej w Polsce, jednak do tej pory brak było krajowych rozwiązań narzędzi do pasowej uprawy. Wraz z wprowadzeniem od 1 stycznia 2014 roku zasad integrowanej ochrony roślin wzrosło zapotrzebowanie na narzędzia do mechanicznego zwalczania chwastów. W warunkach pasowej uprawy roli, ze względu na znaczną ilość pozostającej na powierzchni ściółki i niewzruszoną glebę, typowe pielniki międzyrzędowe nie zdają egzaminu. Wymagane są więc narzędzia specjalnie skonstruowane do pracy w takich trudnych warunkach. Do realizacji tych zadań zostało zaprojektowane aktywne narzędzie, którym można wykonać pasową uprawę roli a następnie, w okresie wegetacji kukurydzy, pielenie międzyrzędzi [11]. Celem pracy było zbadanie, jak nowo opracowane narzędzie uprawowo-pielęgnacyjne wpływa na fizyczne właściwości gleby w uprawie kukurydzy w plonie wtórnym.

2. Metodyka

Badania polowe przeprowadzono w latach 2012-2013 w gospodarstwach rolników indywidualnych, położonych w okolicach Dusznik, około 30 km na zachód od Poznania. Ścisłe do-

świadczenie polowe zostało zlokalizowane na glebie płowej o składzie piasków gliniastych lekkich i mocnych, klasy bonitacyjnej IIIb-IVa.

Doświadczenie założono metodą bloków losowanych jako dwuczynnikowe, w czterech powtórzeniach, w stosunku po międzyplonie ozimym - życie ozimym zbieranym na kiszonce w fazie kłoszenia. Czynniki badań były: sposób uprawy roli pod kukurydzę (orka wiosenna wraz z doprawieniem, głęboka pasowa uprawa roli, płytka pasowa uprawa roli) oraz sposób zwalczania chwastów (kontrola bez zwalczania chwastów, pielienie mechaniczne, zabieg chemiczny). Do pasowej uprawy roli użyto prototypowego urządzenia uprawowo-pielęgnacyjnego. Urządzenie jest maszyną aktywną, gdzie napęd z WOM ciągnika przekazywany jest przez skrzynię przekładniową i przekładnię łańcuchową na bęben frezujący. Elementami roboczymi narzędzia do uprawy pasowej są zęby kultywatora i bęben frezujący z czterema tarczami nożowymi, które mocowane są na uniwersalnej ramie. Głębokość spulchniania roli zębami i nożami kątowymi regulowana jest z tyłu wałem strunowym, a z przodu kołami kopiującymi. W fazie 4-5 liści kukurydzy przeprowadzono pielienie mechaniczne tym samym narzędziem uprawowo-pielęgnacyjnym, ale wyposażonym w inne elementy robocze. W tej wersji narzędzia, na uniwersalnej ramie nośnej montowany jest bęben frezujący z nożami obrabiającymi glebę pomiędzy rzędami roślin, osłony rzędów, zgrzebła niszczące chwasty w rzędach roślin i koła ustalające głębokość pracy. W tym rozwiązaniu narzędzia zastosowano 3 podwójne tarcze nożowe i dwie pojedyncze tarcze nożowe. W fazie 8-10 liści kukurydzy pobrano próbki gleby o nienaruszonym układzie, osobno z rzędu roślin oraz z międzyrzędzia, z dwóch głębokości 0-5 i 15-20 cm do oznaczenia właściwości fizycznych gleby. Oznaczano gęstość objętościową, porowatość ogólną i powietrzną, kapilarną pojemność wodną oraz aktualną wilgotność gleby. Dwukrotnie w okresie wegetacji mierzono temperaturę gleby na głębokości 5 cm, bezpośrednio po siewie kukurydzy oraz w czasie oznaczania pozostałych właściwości gleby, również osobno w rzędzie roślin i w międzyrzędziu. Wyniki poddano analizie statystycznej, a istotność zróżnicowania wyników oceniano na poziomie $p = 0,05$. Testowanie istotności różnic między średnimi szacowano testem Tukey'a.

3. Wyniki badań

Sposób uprawy roli istotnie różnicował badane właściwości gleby w warstwie 0-5 cm (tab. 1). Wraz z postępującym ograniczaniem intensywności uprawy roli ulegała zwiększeniu gęstość objętościowa gleby od $1,31 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ po orce do $1,43 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ po płytce uprawie pasowej. Wzrostowi gęstości objętościowej towarzyszyło obniżenie porowatości ogólnej i kapilarnej pojemności wodnej gleby oraz wzrost wilgotności objętościowej. Stwierdzono interakcję pomiędzy sposobem uprawy roli a miejscem oznaczeń. Po pasowej uprawie roli, w obu jej wariantach, obserwowano większą gęstość objętościową oraz mniejszą porowatość ogólną w nieuprawionym międzyrzędziu, niż w rzędzie roślin, a w wariancie z głęboką uprawą również podobne zależności w kapilarnej pojemności wodnej i wilgotności.

Na badane właściwości wierzchniej warstwy roli miał również wpływ sposób zwalczania chwastów, który działał niezależnie od pozostałych czynników badawczych (tab. 2). Mechaniczne zwalczanie chwastów spowodowało istotne

obniżenie gęstości objętościowej (o $0,09 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) oraz wzrost porowatości ogólnej i kapilarnej pojemności wodnej, odpowiednio o 3,5 i 2,4 punktu procentowego, w stosunku do obiektu kontrolnego bez zwalczania chwastów. Stwierdzono również wpływ odchwaszczania chemicznego, które zwiększyło gęstość objętościową oraz obniżyło porowatość i pojemność wodną w stosunku do nieodchwaszczanej kontroli. Oba sposoby odchwaszczania zwiększyły wilgotność objętościową gleby, w stosunku do obiektu kontrolnego, a silniejszy wpływ wywarło odchwaszczanie chemiczne niż mechaniczne.

Wpływ sposobu uprawy roli na właściwości fizyczne gleby stwierdzono również na głębokości 15-20 cm (tab. 3). Wystąpiła interakcja miejsca pobrania próbek względem rzędu roślin i sposobu uprawy roli. Gęstość objętościowa po orce i płytce uprawie pasowej była na zbliżonym poziomie $1,54$ - $1,56 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, niezależnie od położenia względem rzędu, natomiast po uprawie pasowej wykonanej na pełną głębokość zaobserwowano znaczące obniżenie gęstości gleby w rzędzie. Porowatość ogólna i kapilarna pojemność wodna nie różniły się istotnie pomiędzy obiektami, z wyjątkiem pasowej uprawy roli w rzędzie, gdzie były istotnie większe od pozostałych.

Sposób zwalczania chwastów nie wpłynął istotnie na gęstość objętościową, porowatość ogólną i kapilarną pojemność wodną gleby w warstwie 15-20 cm, natomiast istotnie zróżnicował wilgotność objętościową (tab. 4). Po mechanicznym odchwaszczaniu stwierdzono wyższą wilgotność, niż po zabiegu chemicznym oraz na obiekcie kontrolnym.

Bezpośrednio po siewie kukurydzy temperatura gleby, mierzona na głębokości 5cm, zależała zarówno od sposobu uprawy roli jak i miejsca pomiaru względem rzędu roślin, jednak odmiennie w poszczególnych latach badań (tab. 5). W 2012 roku najwyższą temperaturę gleby stwierdzono po orce ($17,7^\circ\text{C}$). Po pasowej uprawie roli, zarówno głębokiej, jak płytce, w rzędzie roślin temperatura nie różniła się istotnie od temperatury pola zaoranego, natomiast w międzyrzędziu była o około 1°C niższa. W 2013 roku ponownie stwierdzono istotnie wyższą temperaturę po orce. Nie stwierdzono natomiast interakcji sposobu uprawy roli z miejscem pomiaru względem rzędu roślin, choć obserwowano tendencję do obniżenia temperatury w międzyrzędziu po uprawie pasowej.

Pomiary temperatury wykonane w fazie 8-10 liści kukurydzy wykazały brak wpływu sposobu uprawy roli, natomiast stwierdzono zróżnicowanie temperatury w zależności od sposobu odchwaszczania i miejsca pomiaru względem rzędu roślin (tab. 6). W 2012 roku najwyższą temperaturę stwierdzono w międzyrzędziu roślin po zabiegu chemicznego odchwaszczania ($24,8^\circ\text{C}$), istotnie niższą w rzędzie roślin i na obiekcie kontrolnym zarówno w rzędzie, jak i w międzyrzędziu, natomiast najniższą po mechanicznej uprawie roli, zwłaszcza w rzędzie roślin. W roku 2013 najniższą temperaturę gleby stwierdzono na obiekcie kontrolnym bez odchwaszczania ($18,1^\circ\text{C}$), a najwyższą po pielieniu mechanicznym ($22,1^\circ\text{C}$). Na obiektach odchwaszczanych chemicznie, w rzędzie roślin temperatura nie różniła się istotnie od stwierdzonej po pielieniu mechanicznym, natomiast w międzyrzędziu była o $0,6^\circ\text{C}$ niższa.

4. Dyskusja wyników

Mechaniczna uprawa roli powoduje rozluźnienie gleby

oraz wzrost jej porowatości, natomiast brak uprawy prowadzi do znacznego wzrostu gęstości objętościowej i obniżenia porowatości gleby, co jest szczególnie widoczne w warunkach stosowania siewu bezpośredniego [2, 3]. Obserwowane w badaniach własnych zróżnicowanie fizycznych właściwości gleby, w szczególności gęstości objętościowej

i porowatości ogólnej, wynika bezpośrednio ze zróżnicowanego zakresu szerokości i głębokości pracy zastosowanych narzędzi uprawowych. Po zastosowaniu tradycyjnej uprawy roli, opartej o orkę siewną, wzruszeniu uległa cała powierzchnia roli, co objawiło się obniżeniem gęstości gleby zarówno w rzędzie, jak i w międzyrzędziu.

Tab. 1. Wpływ sposobu uprawy roli na fizyczne właściwości gleby w rzędzie i międzyrzędziu w warstwie 0-5 cm
Tab. 1. Effect of tillage on physical properties of soil in row and between rows at depth 0-5 cm

Miejsce oznaczeń	Sposób uprawy roli			Średnio
	Orka	Pasowa głęboka	Pasowa płytko	
Gęstość objętościowa (g·cm ⁻³)				
Rząd	1,34 b	1,27 a	1,41 c	1,34 A
Międzyrzędzie	1,28 a	1,45 d	1,45 d	1,40 B
Średnio	1,31 A	1,36 B	1,43 C	
Porowatość ogólna (% v/v)				
Rząd	48,8 b	51,7 a	45,9 c	48,8 A
Międzyrzędzie	50,1 b	44,4 d	44,4 d	46,6 B
Średnio	49,9 A	48,0 B	45,1 C	
Kapilarna pojemność wodna (% v/v)				
Rząd	36,8 b	40,6 a	36,6 b	38,0 A
Międzyrzędzie	39,8 a	36,7 b	34,8 b	37,1 A
Średnio	38,3 A	38,7 A	35,7 B	
Wilgotność (% v/v)				
Rząd	15,6 b	15,7 b	17,9 a	16,4 A
Międzyrzędzie	13,0 c	18,2 a	19,0 a	16,8 A
Średnio	14,3 C	17,0 B	18,5 A	

Duże litery w tabeli odnoszą się do różnic pomiędzy poziomami czynników działających niezależnie, małe litery dotyczą interakcji obu czynników.

Tab. 2. Wpływ sposobu zwalczania chwastów na fizyczne właściwości gleby w warstwie 0-5 cm
Tab. 2. Effect of weed control on physical properties of soil at depth 0-5 cm

Sposób zwalczania chwastów	Gęstość objętościowa (g·cm ⁻³)	Porowatość ogólna (% v/v)	Kapilarna pojemność wodna (% v/v)	Wilgotność (% v/v)
Kontrola	1,39 B	46,8 B	37,5 B	13,2 C
Mechaniczne	1,30 C	50,3 A	39,9 A	17,4 B
Chemiczne	1,42 A	45,8 C	35,2 C	19,1 A

Objaśnienia jak w tab. 1.

Tab. 3. Wpływ sposobu uprawy roli na fizyczne właściwości gleby w rzędzie i międzyrzędziu w warstwie 15-20 cm
Tab. 3. Effect of tillage on physical properties of soil in row and between rows at depth 15-20 cm

Miejsce oznaczeń	Sposób uprawy roli			Średnio
	Orka	Pasowa głęboka	Pasowa płytko	
Gęstość objętościowa (g·cm ⁻³)				
Rząd	1,55 a	1,34 b	1,56 a	1,48 B
Międzyrzędzie	1,55 a	1,51 a	1,54 a	1,53 A
Średnio	1,55 A	1,43 A	1,55 A	
Porowatość ogólna (% v/v)				
Rząd	40,6 b	48,5 a	40,3 b	43,2 A
Międzyrzędzie	41,0 b	42,4 b	41,3 b	41,6 B
Średnio	40,8 B	45,5 A	40,8 B	
Kapilarna pojemność wodna (% v/v)				
Rząd	31,7 b	35,3 a	31,2 b	32,7 A
Międzyrzędzie	32,4 b	32,8 b	32,0 b	32,2 A
Średnio	32,0 B	34,1 A	31,3 B	
Wilgotność (% v/v)				
Rząd	24,5 a	20,9 c	21,4 c	22,3 A
Międzyrzędzie	22,6 b	21,4 c	21,7 c	21,9 A
Średnio	23,6 A	21,1 B	21,6 B	

Objaśnienia jak w tab. 1.

Tab. 4. Wpływ sposobu zwalczania chwastów na fizyczne właściwości gleby w warstwie 15-20 cm
 Tab. 4. *Effect of weed control on physical properties of soil at depth 15-20 cm*

Sposób zwalczania chwastów	Gęstość objętościowa (g·cm ⁻³)	Porowatość ogólna (% v/v)	Kapilarna pojemność wodna (% v/v)	Wilgotność (%v/v)
Kontrola	1,49 A	42,2 A	32,3 A	20,9 B
Mechaniczne	1,51 A	42,5 A	32,7 A	23,5 A
Chemiczne	1,50 A	42,4 A	32,5 A	21,2 B

Objaśnienia jak w tab. 1.

Tab. 5. Wpływ sposobu uprawy roli na temperaturę gleby (°C) w rzędzie i międzyrzędziu bezpośrednio po siewie
 Tab. 5. *Effect of tillage on temperature of soil (°C) in row and between rows at sowing*

Miejsce oznaczeń	Sposób uprawy roli			Średnio
	Orka	Pasowa głęboka	Pasowa płytka	
2012				
Rząd	17,7 a	17,6 a	17,5 a	17,6 B
Międzyrzędzie	17,7 a	16,6 b	16,5 b	16,9 B
Średnio	17,7 A	17,1 B	17,0 B	
2013				
Rząd	18,2 a	18,0 a	17,9 a	18,0 A
Międzyrzędzie	18,2 a	17,8 a	17,8 a	17,9 B
Średnio	18,2 A	17,9 B	17,9 B	

Objaśnienia jak w tab. 1.

Tab. 6. Wpływ sposobu zwalczania chwastów na temperaturę gleby (°C) w rzędzie i międzyrzędziu w fazie 8-10 liści kukurydzy
 Tab. 6. *Effect of weed control on temperature of soil (°C) in row and between rows at 8-10 leaves of corn*

Miejsce oznaczeń	Sposób zwalczania chwastów			Średnio
	Kontrola	Mechaniczne	chemiczne	
2012				
Rząd	23,8 b	22,0 d	23,9 b	23,2 B
Międzyrzędzie	24,1 b	23,0 c	24,8 a	24,0 A
Średnio	23,9 A	22,5 B	24,3 A	
2013				
Rząd	18,2 c	22,2 a	22,0 a	20,8 A
Międzyrzędzie	18,0 c	22,0 a	21,4 b	20,5 B
Średnio	18,1 C	22,1 A	21,7 B	

Objaśnienia jak w tab. 1.

Działanie pasowej uprawy roli ograniczyło się do rzędu roślin, gdzie uzyskano właściwości zbliżone do uzyskanych po orce, natomiast w nieuprawianych międzyrzędziach gleba była znacznie bardziej zagęszczona, cechowała się również mniejszą porowatością i pojemnością wodną. Zastosowanie nowego narzędzia do pasowej uprawy pozwala więc uzyskać w rzędzie roślin warunki zbliżone do występujących po pełnej uprawie płużnej, a więc spełnia teoretyczne założenia pasowej uprawy roli [1, 3-6, 10]. Zastosowanie w badaniach własnych płytkiej uprawy pasowej nie dało tak zadowalających wyników, stwierdzono tylko niewielkie obniżenie gęstości objętościowej i wzrost porowatości w stosunku do nieuprawionego międzyrzędzia. Wynika to z małej miąższości uprawionej warstwy, mniejszej niż badane 0-5 cm.

Bezpośredni wpływ mechanicznego zwalczania chwastów na fizyczne właściwości gleby jest ograniczony do płytkiej warstwy przy powierzchni roli. W badaniach własnych stwierdzono obniżenie gęstości objętościowej i wzrost porowatości w wierzchniej warstwie roli, równocześnie jednak zaobserwowano wzrost wilgotności gleby do głębokości 20 cm, co wiąże się z ograniczeniem pobierania wody przez chwasty.

Jako ważną zaletę pasowej uprawy roli wskazuje się

lepsze nagrzewanie roli w rzędzie roślin [7]. Również w badaniach stwierdzono, że bezpośrednio po siewie, po zastosowaniu pasowej uprawy roli temperatura w rzędzie roślin była wyższa niż w nieuprawionym międzyrzędziu i zbliżona do stwierdzonej po uprawie tradycyjnej. Niewielkie różnice w temperaturze wynikały z małej ilości resztek roślinnych, ograniczonej do ścierniska po życie zielonkowym.

W łanie rozwijającej się kukurydzy, oprócz ściółki, pojawia się dodatkowe zacienienie przez roślinę uprawną i ewentualne występujące chwasty [3, 5]. W badaniach własnych, w fazie 8-10 liści kukurydzy, w każdym roku badań, uzyskiwano inne zależności pomiędzy zastosowanymi czynnikami badawczymi. Największy wpływ na temperaturę gleby miała obecność chwastów na obiektach kontrolnych w 2013 roku, co obniżyło temperaturę o około 4°C w stosunku do kombinacji odchwaszczanych, natomiast w 2012 roku obniżkę temperatury spowodowało mechaniczne pielenie.

5. Wnioski

1. Właściwości fizyczne gleby modyfikowane były głębokością uprawy i szerokością roboczą zastosowanego narzędzia.
2. Zastosowanie uniwersalnego narzędzia uprawowo-

pielęgnacyjnego do uprawy pasowej różnicuje właściwości gleby pomiędzy rzędem roślin a nieuprawionym międzyrzędziem i pozwala uzyskać w rzędzie zbliżone warunki do uprawy płużnej.

3. Po pasowej uprawie roli gęstość objętościowa, porowatość ogólna i kapilarna pojemność wodna wierzchniej warstwy roli w uprawionym pasie była zbliżona do stwierdzonej po pełnej uprawie płużnej.

4. Sposób zwalczania chwastów wpływał na właściwości fizyczne przede wszystkim w wierzchniej warstwie gleby.

6. Bibliografia

- [1] Al-Kaisi M., Kwaw-mensah D.: Effect of tillage and nitrogen rate on corn yield and nitrogen and phosphorus uptake in a corn-soybean rotation. *Agron. J.*, 2007, 99, 1548-1558.
- [2] Bleharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G.: Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2004, 3(1), 157-163.
- [3] Hendrix B.J., Young B. G., Chong S.: Weed management in strip tillage corn. *Agron. J.*, 2004, 96, 229-235.
- [4] Light M.A., Al-Kaisi M.: Corn response, nitrogen uptake, and water use in strip-tillage compared with no-tillage and chisel plow. *Agron. J.*, 2005, 97, 705-710.
- [5] Light M.A., Al-Kaisi M.: Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil Till. Res.*, 2005, 80, 233-249.
- [6] Piechota T.: Reakcja kukurydzy na pasową uprawę roli w warunkach niedoborów wody. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2011, 559, 153-160.
- [7] Vetsch J.A., Randall G.W.: Corn production as affected by tillage system and starter fertilizer. *Agron. J.*, 2002, 94, 532-540.
- [8] Vetsch J.A., Randall G.W.: Corn production as affected by nitrogen application timing and tillage. *Agron. J.*, 2004, 96, 502-509.
- [9] Vyn T.J., Faber J.G., Janovicek K.J., Beauchamp E.G.: Cover crop effects on nitrogen availability to corn following wheat. *Agron. J.*, 2000, 92, 915-924.
- [10] Wilhelm W.W., Wortmann C.S.: Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. *Agron. J.*, 2004, 96, 425-432.
- [11] Zbytek Z., Talarczyk W., Łowiński Ł., T. Piechota: Wpływ zastosowania różnych elementów roboczych na wytrzymałość konstrukcji uniwersalnej ramy nośnej maszyny rolniczej. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 2013, 1, 28.

* *Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr N N 313 788940 pt. Opracowanie i ocena przydatności uniwersalnego narzędzia do uprawy pasowej i międzyrzędowej*