

PLONOWANIE KUKURYDZY (*ZEA MAYS* L.) PO ORCE I NAWOŻENIU OBORNIKIEM ZASTOSOWANYCH JEDNORAZOWO PO WIELOLETNIEJ BEZORKOWEJ UPRAWIE ROLI I NAWOŻENIU WYŁĄCZNIE MINERALNYM*

PIOTR SZULC¹, ANDRZEJ DUBAS

Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań

Synopsis. Celem doświadczenia było poznanie wpływu orki z jednoczesnym przyoraniem obornika oraz orki, po której stosowano wyłącznie nawożenie mineralne, wykonanej jednorazowo po wieloletniej monokulturze kukurydzy uprawianej na zbiór ziarna w systemie bezorkowym i siewie bezpośrednim w ściernisko. Orka wykonana po wieloletniej uprawie bezorkowej wpłynęła istotnie na wzrost plonu ziarna kukurydzy, którego wysokość zależna była od rodzaju nawożenia. Wykonanie orki z jednoczesnym przyoraniem obornika spowodowało większy i trwalszy wzrost plonu ziarna. Orka, po której stosowano wyłącznie nawożenia mineralne istotnie zwiększyła plon ziarna tylko w pierwszym roku po jej zastosowaniu. Uzyskane wyniki wykazały też większą efektywność plonotwórczą obornika w stosunku do nawożenia mineralnego NPK w uprawie kukurydzy w wieloletniej uprawie w monokulturze i corocznym przyorowywaniu dużej masy resztek poźniwnych pozostających na polu po zbiorze ziarna.

Słowa kluczowe: kukurydza, uprawa bezorkowa, obornik, nawożenie mineralne

WSTĘP

Dostępne we współczesnym rolnictwie środki produkcji, zwłaszcza wydajne i wieloczynnościowe maszyny i narzędzia oraz nowe formy nawozów i preparatów ochrony roślin umożliwiają stosowanie znacznych uproszczeń w technologiach uprawy roślin. Dotyczą one wszystkich etapów produkcji: uprawy roli, pielęgnacji i zbioru. W uprawie roli coraz częściej pomija się tradycyjną kosztowną i energochłonną orkę i stosuje się uprawę bezorkową, w tym siew bezpośredni w ściernisko. Ten system w uprawie kukurydzy jest już powszechnie stosowany w Stanach Zjednoczonych AP [Phillips i Phillips 1984, Pudełko i Wright 1994] oraz na mniejszą skalę w niektórych krajach zachodnioeuropejskich. W Polsce w uprawie kukurydzy stosowany jest tylko w nielicznych gospodarstwach wielkoobszarowych i wyposażonych w niezbędny sprzęt techniczny, zwłaszcza w siewniki przystosowane do siewu bezpośredniego. Jest natomiast przedmiotem licznych badań naukowych prowadzonych w różnych warunkach środowiskowych [Dubas i Menzel 1999, Gołębiowska 2011, Księżak i Bojarszczuk 2010, Machul 2005, Menzel i Dubas 2003, Opic 1996, Szulc i in. 2005, Wrzesińska i in. 2003]. Efekty siewu bezpośredniego badano przeważnie po jednym, rzadziej dwóch lub trzech latach jego stosowaniu po sobie. Wpływ wieloletniej monokultury kukurydzy uprawianej w systemie bezorkowym i wyłącznym nawożeniu mineralnym jest przedmiotem doświadczeń prowadzonych od roku 1996 w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu [Dubas i Drzymała 2002, Menzel i Dubas 2003, Owczarzak i in. 2009, Szulc i in.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: pszulc@up.poznan.pl

* Badania wykonano w ramach projektu badawczego nr NN310 026339 finansowanego przez MniSzW

2005]. Stwierdzone niekorzystne zmiany w środowisku glebowym spowodowały, że uzyskane plony ziarna po 12 latach uprawy bezorkowej i siewie bezpośrednim w ściernisko [Dubas i in. 2012] były mniejsze od plonów uzyskanych po corocznej uprawie płuznej i miały tendencje do zmniejszania się w kolejnych latach ich stosowania po sobie.

Celem doświadczenia było zbadanie skuteczności jednorazowo wykonanej orki i nawożenia obornikiem w zapobieżeniu tych niekorzystnych tendencji powodujących zmniejszenie plonów ziarna a będących rezultatem wieloletniej bezorkowej uprawy i wyłącznego nawożenia mineralnego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2012 na terenie Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego w Swadzimiu (52°29' N, 16°46' E), należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu na glebie typu czarne ziemie, klasy bonitacyjnej IIIb. Na obiektach z wieloletnią uprawą bezorkową (siew bezpośredni od 1998 roku) porównywano następujące warianty:

A – uprawa bezorkowa (siew bezpośredni), nawożenie wyłącznie mineralne,

B – uprawa bezorkowa przerywana jednorazową głęboką orką jesienną (30 cm) w 2007 roku, nawożenie wyłącznie mineralne,

C – uprawa bezorkowa przerywana jednorazową głęboką orką jesienną w 2007 roku z przyoraniem pełnej dawki obornika.

Prowadzono je jako doświadczenie jednoczynnikowe, statyczne w 4 powtórzeniach polowych. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 26,04 m² (4,2 m x 6,2 m). Na obiektach A i B oraz na obiekcie C w kolejnych latach po przyoraniu obornika stosowano nawożenie mineralne w ilościach 90 kg N·ha⁻¹ (mocznik), 80 kg P₂O₅·ha⁻¹ (superfosfat potrójny granulowany) i 120 kg K₂O·ha⁻¹ (sól potasowa 60%). Zastosowany na obiekcie C obornik bydłocy zwierający 4,7 g azotu·kg⁻¹ s.m.; 4,9 g fosforu·kg⁻¹ s.m.; 7,8 g potasu·kg⁻¹ s.m. uzupełniano nawozami mineralnymi do wysokości pełnych dawek NPK. Wczesną odmianę kukurydzy, Mona a od roku 2010 tej samej klasy wczesności odmianę PR39R10, wysiewano corocznie w III dekadzie kwietnia siewnikiem punktowym Monosem NG Plus ustawionym na wysiew 85 tys. ziaren na ha. W czasie wegetacji występujące chwasty i choroby zwalczano środkami chemicznymi. Ziarno zbierano kombajnem poletkowym firmy Wintersteiger. Resztki poźniwne po ich rozdrobnieniu na obiekcie A z wieloletnią uprawą bezorkową pozostawiano na polu bez przykrycia podobnie jak w dalszych latach na obiektach B i C po ich uprzednim przyoraniu w roku 2007.

Uzyskane plony ziarna poddano statystycznej analizie zmienności dla doświadczeń jednoczynnikowych ortogonalnych, następnie wykonano syntezę dla doświadczeń wieloletnich. Istotność różnic oszacowano na poziomie $\alpha = 0,05$ za pomocą testu t-Studenta. Dla średnich z lat wyznaczono regresję krzywoliniową wielomianową.

Warunki meteorologiczne w latach 2008–2012 były zróżnicowane, zwłaszcza pod względem ilości i rozkładu w sezonach wegetacyjnych opadów atmosferycznych (tab. 1). Suma opadów w najbardziej suchym roku 2008 wynosiła 346,3 mm. W pozostałych latach była wyższa i kształtowała się na poziomie od 224,2 mm w roku 2011 do 500,7 mm w roku 2010. Ich rozkład przy mniej zróżnicowanych w latach warunkach termicznych, powodował występowanie okresowych niedoborów wody w glebie. Największy ujemny wpływ na przebieg wegetacji i plonowanie kukurydzy miała długa susza majowa i czerwcową w roku 2008 oraz w mniejszym stopniu krótkotrwała susza w okresie nalewania ziarna i dojrzewania w roku 2009. W pozostałych latach warunki wilgotnościowe i termiczne były korzystne dla wzrostu i rozwoju kukurydzy.

Tabela 1. Temperatura i opady w sezonach wegetacyjnych w Swadzimiu
 Table 1. Temperature and rainfalls in vegetation seasons in Swadzim

Lata Years	Miesiące – Months							Średnia/Suma Mean/Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Temperatura – Temperature (°C)								
2008	9,1	15,1	19,6	20,7	18,8	13,5	9,5	15,2
2009	12,9	14,0	16,0	20,3	20,1	15,8	7,6	15,2
2010	9,3	12,2	18,4	22,6	19,2	13,0	7,0	14,5
2011	12,4	15,5	19,9	18,5	19,5	15,9	9,8	15,9
2012	9,3	16,3	17,0	20,0	19,8	15,0	8,6	15,4
Opady – Rainfalls (mm)								
2008	79,8	14,3	8,6	65,6	95,1	19,4	63,5	346,3
2009	19,2	109,9	113,8	75,4	26,2	48,6	59,2	452,3
2010	26,8	110,5	43,4	97,5	143,5	69,9	9,1	500,7
2011	9,8	22,5	66,5	218,7	50,5	28,5	27,7	424,2
2012	17,4	84,4	118,1	136,2	52,7	28,4	36,4	473,6

WYNIKI I DYSKUSJA

Przerwanie wieloletniej uprawy bezorkowej (A) jednorazową głęboką orką oraz nawożeniem obornikiem spowodowało wyraźny wzrost plonu ziarna (tab. 2). Był on największy w roku jej zastosowania w którym orka i nawożenie wyłącznie mineralne (B) spowodowała wzrost plonu o 1,38 t·ha⁻¹ (21,8%) a orka z jednoczesnym przeoraniem obornika (C) o 2,01 t·ha⁻¹ (31,7%).

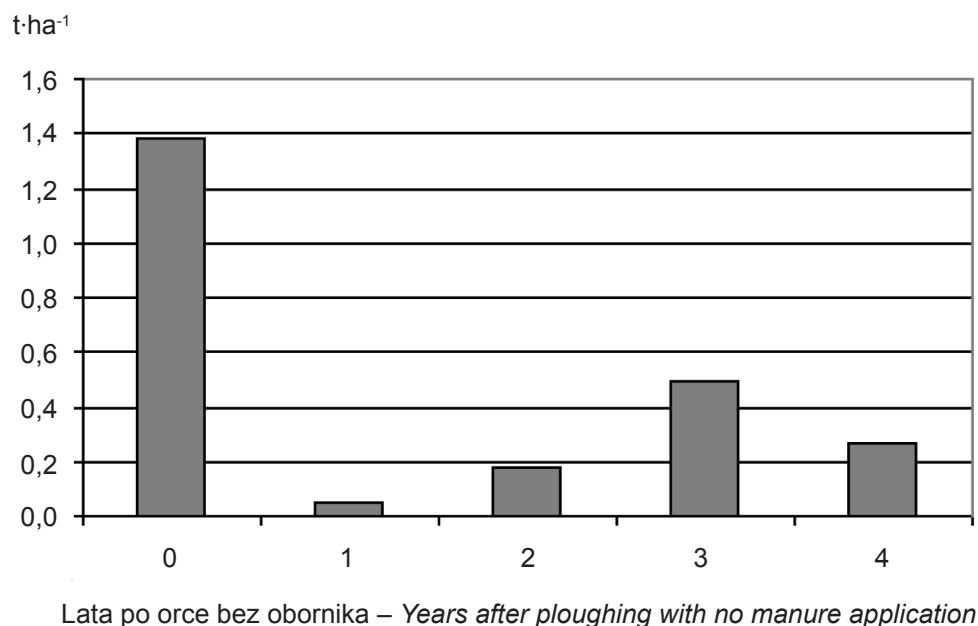
Tabela 2. Plon ziarna kukurydzy (t·ha⁻¹)
 Table 2. Grain yield of maize (t·ha⁻¹)

Obiekty Treatments	Lata kalendarzowe (Lata po przerwaniu siewu bezpośredniego w 2007) Calendar years (Years after stoppage of direct sowing in 2007)					Średnia Mean	
	2008 (0)	2009 (1)	2010 (2)	2011 (3)	2012 (4)	t·ha ⁻¹	%
A*	6,34	7,73	7,24	6,79	6,72	6,96	100,0
B	7,72	7,78	7,42	7,29	6,99	7,44	106,9
C	8,35	8,66	8,20	7,53	7,49	8,04	115,5
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	1,62	r.n.	0,68	r.n.	r.n.	0,47	–

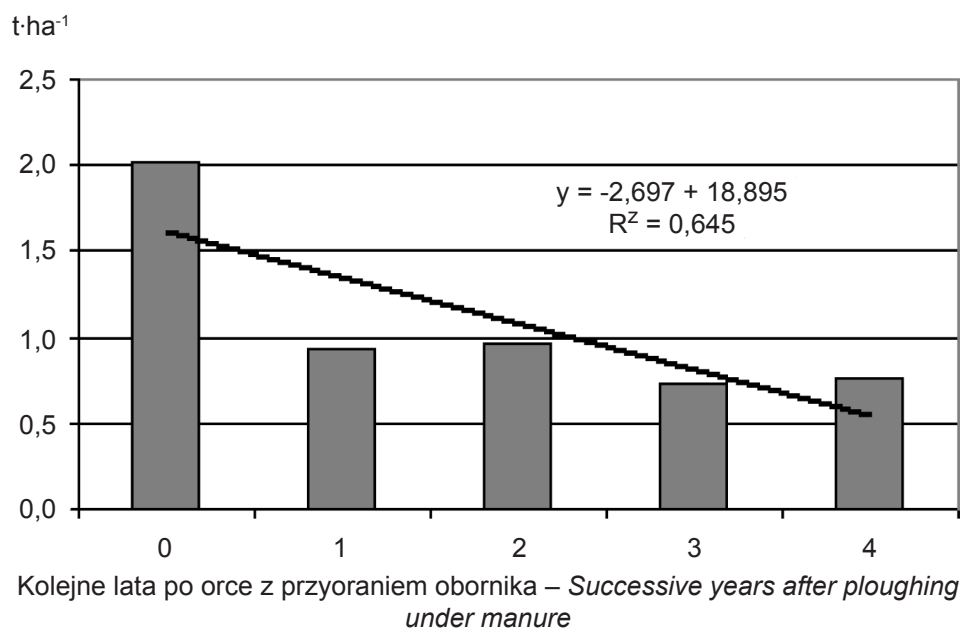
* – A – Siew bezpośredni od roku 1998 – Direct sowing since 1998; B – Orka jesienna w 2007 roku, nawożenie mineralne – Autumn ploughing in 2007, mineral fertilization; C – Orka jesienna w 2007 roku, manure – Autumn ploughing + manure in 2007
 r.n. – różnica nieistotna – no significant difference

Korzystny wpływ orki na plony ziarna stwierdzono również w kolejnych latach po jej wykonaniu. Zależny był on przede wszystkim od formy zastosowanego nawożenia (organicznego i mineralnego) i tylko w niewielkim stopniu, trudnym do jednoznacznego określenia, od warunków pogodowych w poszczególnych latach. Wpływ orki po stosowaniu wyłącznie nawożenia mineralnego, w kolejnych latach po jej wykonaniu był niewielki i w stosunku do wieloletniej uprawy bezorkowej wyraził się przyrostem plonów od $0,05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w roku 2009 do $0,49 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w roku 2011 (rys. 1). Natomiast przyrost plonu ziarna wywołany przerwaniem wieloletniej uprawy bezorkowej orką z jednoczesnym przyoraniem obornika w kolejnych czterech latach był wyraźnie większy i wynosił odpowiednio $0,93 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; $0,96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; $0,73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $0,76 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 2). Zależność ta została opisana również równaniem 1^o, z tendencją do zmniejszania się w kolejnych latach.

Skuteczność jednorazowej orki po wieloletniej uprawie bezorkowej w dużym stopniu zależna była od rodzaju nawożenia. Istotnie większa i bardziej trwała, powodująca wyraźny wzrost plonów we wszystkich czterech latach po jej wykonaniu, była orka z jednoczesnym przyoraniem pełnej dawki obornika. Większą efektywność plonotwórczą obornika w doświadczeniu potwierdzono większym przyrostem plonu ziarna po orce z przyoraniem obornika niż po orce po której stosowano wyłącznie nawożenie mineralne (rys. 3). W roku jego przyorania przyrost plonu w stosunku do nawożenia wyłącznie mineralnego wyniósł $0,62 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (8,1%) i w dwóch

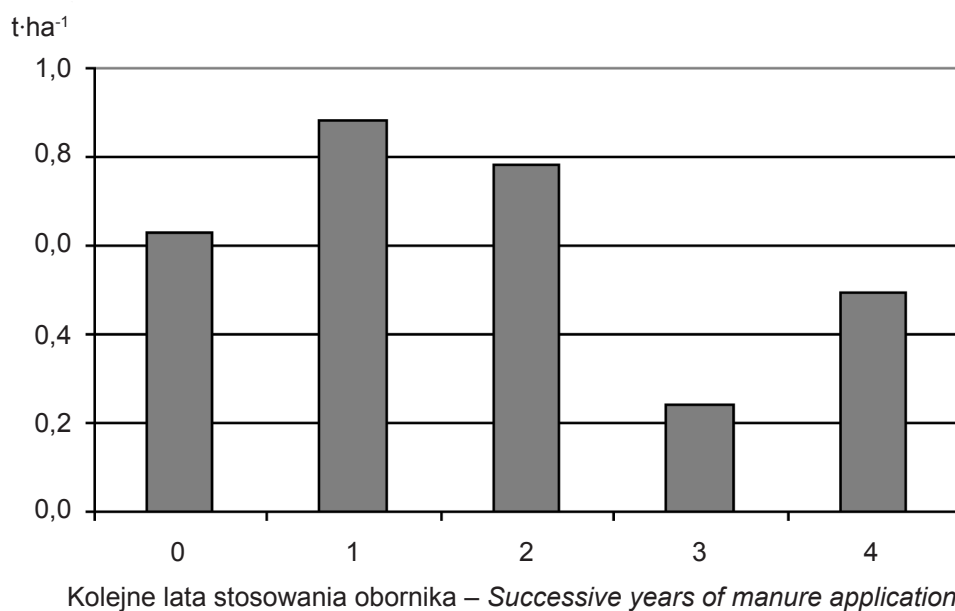


Rys. 1. Przyrost plonu ziarna w kolejnych latach po orce i nawożeniu wyłącznie mineralnym wykonanych po wieloletniej uprawie bezorkowej
 Fig. 1. Increase of grain yield in successive years after ploughing and only mineral fertilization performed after many years of no-tillage



Rys. 2. Przyrost plonu ziarna w kolejnych latach po orce z przyoraniem obornika wykonanej po wieloletniej uprawie bezorkowej

Fig. 2. Increase of grain yield in successive years after ploughing and manure application performed after many years of no-tillage



Rys. 3. Przyrost plonu ziarna po orce z przyoraniem obornika w porównaniu do orki i nawożenia wyłącznie mineralnego wykonanej po wieloletniej uprawie bezorkowej

Fig. 3. Increase of grain yield after ploughing and manure application in comparison to ploughing and only mineral fertilization performed after many years of no-tillage

kolejnych latach był wyższy i wynosił odpowiednio 0,88 t·ha⁻¹ (11,6%) i 0,78 t·ha⁻¹ (10,5%). W dalszych latach przyrost ten był już mniejszy i wynosił w trzecim roku 0,24 t·ha⁻¹ (3,3%) a w roku czwartym 0,49 t·ha⁻¹ (7,1%). Na większą efektywność nawożenia organicznego w porównaniu do mineralnego wyrażonego plonem ziarna kukurydzy, zwłaszcza na glebach mineralnych wskazywało wielu autorów [Buchner i Sturm 1985, Zscheischler i in. 1990]. Potwierdziły to również wyniki badań wykonanych w Polsce [Maćkowiak 1999, Szmigiel i in. 2006].

Spośród badanych komponentów plonu ziarna jedynie liczba kolb produkcyjnych na jednostce powierzchni w istotny sposób kształtowała plon ziarna. Jednorazowe przerwanie wieloletniej bezorkowej uprawy kukurydzy głęboką orką jesienną z jednoczesnym przyoraniem obornika lub bez obornika i wyłącznym nawożeniem mineralnym przyczyniło się do istotnego wzrostu liczby kolb (tab. 3). Wynik ten jest potwierdzeniem wcześniejszych doniesień literaturowych [Kruczek 1997, Szulc i in. 2008]. Według tych autorów cechą najbardziej plonotwórczą w przypadku kukurydzy w uprawie na ziarno była liczba kolb produkcyjnych na jednostce powierzchni.

Tabela 3. Liczba kolb produkcyjnych (szt.·m⁻²)

Table 3. Number of productive ears (pcs.·m⁻²)

Obiekty <i>Treatments</i>	Lata kalendarzowe (Lata po przerwaniu siewu bezpośredniego w 2007) <i>Calendar years (Years after stoppage of direct sowing in 2007)</i>					Średnia <i>Mean</i>
	2008 (0)	2009 (1)	2010 (2)	2011 (3)	2012 (4)	
A*	6,3	7,3	7,1	7,9	7,8	7,3
B	7,7	7,7	7,4	7,6	7,9	7,6
C	7,7	8,0	7,6	7,9	8,4	7,9
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	0,5	r.n.	r.n.	r.n.	0,4

* – oznaczenia jak w tabeli 2 – *explanation see table 2*

r.n. – różnica nieistotna – *no significant difference*

WNIOSKI

1. Przerwanie wieloletniej uprawy bezorkowej jednorazową orką spowodowało istotny wzrost plonów ziarna kukurydzy, który był największy w roku jej wykonania.
2. Orka z jednoczesnym przyoraniem obornika spowodowała większy i trwalszy wzrost plonu ziarna kukurydzy niż orka po której stosowano wyłącznie nawożenie mineralne.
3. W wieloletniej monokulturze kukurydzy uprawianej na zbiór ziarna stwierdzono większą efektywność plonotwórczą obornika od nawożenia mineralnego NPK.

PIŚMIENNICTWO

- Buchner A., Sturm H. 1985. Gezielter düngen: intensiv-wirtschaftlich-umweltbezogen DLG-Verlag Frankfurt IM. Germany: 75–240.
- Dubas A., Menzel L. 1999. Uprawa kukurydzy w systemie bezorkowym po różnych przedplonach. Folia Univ. Agri. Stetinensis 195, Agricultura 74: 147–155.

- Dubas A., Drzymała S. 2002. Long-term tillage minimization in maize (*Zea mays* L.) growing in monoculture. Proceed. 7th. Congr. ESA, Cordoba 15–18 July 2002.
- Dubas A., Drzymała S., Mocek A., Owczarzak W., Szulc P. 2012. Wpływ uproszczeń w uprawie roli w wieloletniej monokulturze kukurydzy (*Zea mays* L.) na właściwości gleby oraz przebieg wegetacji i plonowanie. Wyd. UP Poznań: ss. 74.
- Gołębiowska H. 2011. Diversity of weed infestation depending on maize cropping system. Acta. Sci. Pol., Agricultura 10(1): 13–23.
- Kruczek A. 1997. Zmienność i korelacja elementów struktury plonu kukurydzy (*Zea mays* L.) w zależności od warunków pogodowych i nawożenia azotem. Roczn. AR Poznań 295, Rol. 50: 49–54.
- Księżak J., Bojarszczuk J. 2010. The economic assessment of maize cultivation depending on pre-sowing tillage system. Acta Sci. Pol., Agricultura 9(4): 55–67.
- Machul M. 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli na efektywność plonowania kukurydzy oraz właściwości biologiczne, fizyczne i chemiczne gleby. Post. Nauk Rol. 1: 47–61.
- Maćkowiak Cz. 1999. Stan badań nad efektywnością nawożenia organicznego kukurydzy. Post. Nauk Rol. 4: 21–33.
- Menzel L., Dubas A. 2003. Reakcja kukurydzy uprawianej w monokulturze na uproszczenia w uprawie roli. Pam. Puł. 133: 123–134.
- Opic J. 1996. Siew bezpośredni a właściwości chemiczne i aktywność biologiczna gleby. Post. Nauk Rol. 6: 25–33.
- Owczarzak W., Mocek A., Dubas A. 2009. Wpływ uproszczeń uprawowych w monokulturze kukurydzy na kształtowanie struktury poziomów wierzchnich gleby. Inż. Rol. 5: 219–228.
- Phillips R.E., Phillips Sh.H. 1984. No-tillage agriculture. Principles and practices. VNR New York: ss. 306.
- Pudelko J., Wright D.L. 1994. Stosowanie ograniczeń w uprawie roli w Stanach Zjednoczonych AP. Post. Nauk Rol. 1: 152–162.
- Szmigiel A., Kołodziejczyk M., Oleksy A. 2006. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na plon ziarna kukurydzy. Fragm. Agron. 23(3): 70–79.
- Szulc P., Menzel L., Dubas A. 2005. Wpływ uproszczeń w uprawie roli na stan zachwaszczenia kukurydzy uprawianej w monokulturze. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 45: 1137–1140.
- Szulc P., Skrzypczak W., Waligóra H. 2008. Improvement of the effectiveness of maize (*Zea mays* L.) fertilization with nitrogen by the application of magnesium. Part I. Grain yield and its structure. Acta Sci. Pol., Agricultura 7(4): 125–135.
- Szymankiewicz K. 1987. Badania nad sposobami uprawy roli pod kukurydzą na ziarno w krótkotrwałej monokulturze. Wyd. AR Lublin, Rozpr. Nauk. 101: ss. 69.
- Wrzesińska E., Dzienia S., Wereszczaka J. 2003. Wpływ systemów uprawy roli na ilość i rozmieszczenie nasion chwastów w glebie. Acta. Sci. Pol., Agricultura 2(1): 169–175.
- Zscheischler J., Estler C.M., Staudacher W., Gross F., Burgstaller G., Streyl H., Rechmann T. 1990. Handbuch mais. DLG-Verlag Frankfurt (Main): 54–105.

P. SZULC, A. DUBAS

MAIZE (*ZEAMAYS* L.) YIELDING AFTER ONE-TIME PLOUGHING AND MANURE APPLICATION AFTER LONG-TERM NO-TILLAGE AND MINERAL FERTILIZATION ONLY

Summary

The experiment conducted in the years 2008–2012 assessed influence of one-time ploughing after many-year no-tillage on grain yield of maize cultivated in monoculture. The following measures were carried out: ploughing with simultaneous ploughing and manure (C) and ploughing and only mineral fertilization (B). Yielding effects of ploughing and methods of fertilization were compared to many-year no-tillage and only mineral fertilization (A). The highest increase of grain was compared to no-tillage

obtained in the year when ploughing was carried out. However, in case of simultaneous ploughing and manure, the increase was higher and amounted $2.01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (31.7%), while in case of mineral fertilization – only $1.38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (21.8%). In the four subsequent years after ploughing, its yielding effectiveness was evidently lower and depended of the way of fertilization. After ploughing and manure, yield increase in the first year to $0.93 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (12.1%), in the second year to $0.96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (13.2%), in the third to $0.73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (10.8%), and in the fourth to $0.76 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (11.7%). When only mineral fertilization was applied the increases of yield were lower and in subsequent years after ploughing amounted $0.05 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (0.7%), $0.18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2.5%), $0.49 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (7.2%) and $0.27 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (4.0%), respectively. Among the examined components of grain yield, only the number of production ears was a significant yielding factor.

Key words: maize, no-tillage, manure, mineral fertilization

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 30.10.2013

Do cytowania – *For citation*:

Szulc P., Dubas A. 2013. Plonowanie kukurydzy (*Zea mays* L.) po orce i nawożeniu obornikiem zastosowanych jednorazowo po wieloletniej bezorkowej uprawie roli i nawożeniu wyłącznie mineralnym. *Fragm. Agron.* 30(4): 173–180.