

EVALUATION OF YIELDING OF SORGHUM GROWING IN ORGANIC FARMING DEPENDING ON CULTIVATION METHOD AND DOSES OF ORGANIC FERTILIZATION

Summary

The experiment was carried out in the years 2009-2010 in organic farm of Agricultural Experimental Station Grabów (mazowieckie Voivodeship), by crossed subblock method. Dose of natural fertilization (20 and 40 t composted manure per 1 ha) was the first factor and the second factor – cultivation method: A - control object (without weed control), B - brush weeder (three times during the vegetation season), C - weeding hoe (three times during the vegetation season), D – brush weeder (two times during the vegetation season) and hiller. In the year with limited amount of rainfall in July and significantly more in August (2010), using of differentiated mechanical treatments for weed control had little influence on sorghum yielding. However, in the year with more amount of rainfall in July and significantly less in August (2011), the highest yields had been noted on the objects, where brush weeder (three times during the vegetation season) and brush weeder (two times during the season) and hiller on plants (with their 30 cm height) were used. The abandonment of mechanical cultivation independent on organic fertilization dose caused decreasing of dry matter sorghum yields from 17% to 40% in comparison to objects, where mechanic cultivation were used. Under conditions of limited amount of rainfall in July, yielding of sorghum fertilized by dose of 20 t per 1 ha were similar to those fertilized by dose of 40 t per 1 ha. However in the year with more amount of rainfall, higher dose of organic fertilization had favorable influence on yielding of dry matter, independently on treated mechanical cultivation. Content of dry matter in whole sorghum plants was little differentiated both organic fertilization and cultivation method. The less of dry matter content in plants fertilized by higher dose of compost independent on cultivation method had been noted in 2010 year.

Key words: Sorghum Moench; cultivation; ecological system; organic fertilization; field experimentation

OCENA PLONOWANIA SORGA UPRAWIANEGO SYSTEMEM EKOLOGICZNYM W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU PIELĘGNACJI I DAWKI NAWOŻENIA ORGANICZNEGO

Streszczenie

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2009-2010 w gospodarstwie ekologicznym (RZD Grabów) metodą podbloków skrzyżowanych. Czynnikiem I rzędu były dawki obornika kompostowanego - 20 i 40 t·ha⁻¹, czynnikiem II rzędu – sposoby pielęgnacji: A - kontrola – bez zwalczania chwastów, B - pielnik szczotkowy 3 razy, C - opielacz 3 razy, D - pielnik szczotkowy 2 razy oraz obsypnik 1 raz. W roku o małej ilości opadów w lipcu i znacznie większej w sierpniu 2010 r. stosowanie zróżnicowanych mechanicznych zabiegów zwalczających chwasty miało mały wpływ na plonowanie sorga. Natomiast w roku o dużej ilości opadów w lipcu i znacznie mniejszej w sierpniu 2011 r. największe plony zanotowano, gdy do pielęgnacji sorga stosowano trzykrotnie pielnik szczotkowy lub dwukrotnie pielnik szczotkowy i obsypnik przy wysokości 30 cm. Zaniechanie pielęgnacji mechanicznej niezależnie od dawki nawożenia organicznego powodowało zmniejszenie plonów suchej masy sorga od 17 do 40% w porównaniu do obiektów, na których zwalczano chwasty mechanicznie. W roku o ograniczonej ilości opadów w lipcu plony suchej masy sorga nawożonego dawką 20 t·ha⁻¹ były podobne jak nawożonych dawką 40 t·ha⁻¹. Natomiast w roku o większej ilości opadów nawożenie sorga większą dawką nawożenia organicznego wpływało korzystnie na poziom plonowania suchej masy niezależnie od zastosowanej pielęgnacji mechanicznej. Zawartość suchej masy w całych roślinach sorga była mało różnicowana zastosowanym poziomem nawożenia organicznego, jak również sposobem pielęgnacji, zanotowano tylko nieco mniejszą jego zawartość w roku 2010 w roślinach nawożonych większą dawką kompostu niezależnie od sposobu pielęgnacji.

Słowa kluczowe: sorgo; uprawa; system ekologiczny; nawożenie organiczne; badania polowe

1. Wstęp

Integralną częścią gospodarstw ekologicznych jest produkcja zwierzęca, a potrzeby żywieniowe zwierząt na pasze objętościowe powinny być zaspokojone z gatunków roślin uprawianych w gospodarstwie. Źródłem pozyskiwania pasz białkowych mogą być rośliny motylkowate i ich mieszanki z trawami oraz mieszanki roślin strączkowych ze zbożami. Natomiast gatunkiem, który może dostarczać paszy energetycznej jest sorgo [11, 12], które charakteryzuje się wyższym potencjałem plonotwórczym niż kukurydza [2, 9]. Odznacza się też większą odpornością na suszę niż kukury-

dza, a w wielu rejonach świata jest dla niej gatunkiem substytucyjnym [1]. Mniejsza wrażliwość na suszę, zdaniem Meeske i Bassona [15], wynika z dużo większej efektywności absorpcji wody z gleby niż w przypadku innych zbóż. Oszczędna gospodarka wodna tego gatunku jest powiązana z niskim współczynnikiem transpiracji oraz głębokim zasięgiem systemu korzeniowego pobierającego wodę z głębszych warstw gleby [18, 24]. Po wystąpieniu silnego braku wody rośliny mogą wejść w stan uśpienia zmniejszając tempo wzrostu, które może się zwiększyć po wystąpieniu opadów. Ponadto liście sorgo wykazują znacznie mniejszą aktywność transpiracyjną w porównaniu do liści kukury-

dzy. Warstwa wosku porywająca blaszki liściowe i pochwy dodatkowo chroni je przed stratami wody. Jest to gatunek charakteryzujący się wysokim współczynnikiem efektywności wykorzystania promieniowania słonecznego i ciepła. Ponadto jest gatunkiem odznaczającym się dużą dynamiką pobierania i gromadzenia składników pokarmowych. Wartość paszowa wzrasta wraz z jego rozwojem, a ze względu na dużą ilość cukrów rozpuszczalnych jest doskonałym surowcem kiszonkarskim. Kiszonka sporządzona jest paszą energetyczną, o wartości której decyduje przede wszystkim zawartość skrobi znajdującej się w ziarnie.

W Polsce w przeszłości podejmowano już próby uprawy sorga, lecz głównie jako plonu wtórnego po życie ozimym zbieranego w jednym lub dwóch pokosach [7, 10, 21]. W dostępnej literaturze brakuje doniesień na temat pielęgnacji mechanicznej sorga, natomiast dotyczących kukurydzy jest niewiele [6]. Straty plonu, spowodowane zachwaszczeniem mogą wynosić 70% [17], a według Skrzypczaka [19] przy masowym ich wystąpieniu nawet 90%. Jak podają Waligóra i in. [22], w uprawie kukurydzy cukrowej skuteczność chwastobójcza metody mechanicznej była zdecydowanie mniejsza niż chemicznej, a przydatna okazała się jedynie w zwalczaniu chwastnicy. Natomiast Wilson [23] informuje, że mechaniczne zabiegi mogą zniszczyć około 87% chwastów występujących w kukurydzy. Ważnym elementem zapewniającym wysoki poziom jego plonowania jest także właściwe nawożenie, umożliwiające uzyskanie wysokich plonów o dobrej jakości surowca kiszonkarskiego.

Celem prowadzonej pracy badawczej była ocena plonowania sorga w zależności od sposobu pielęgnacji i dawki nawożenia organicznego.

2. Materiał i metoda badań

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2009-2011 w gospodarstwie ekologicznym (RZD Grabów), metodą podbłoków skrzyżowanych, w 4 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były dawki obornika kompostowanego - 20 i 40 t/ha, czynnikiem II rzędu – sposoby pielęgnacji:

- A - kontrola – bez zwalczania chwastów.
- B - pielnik szczotkowy 3 razy
 - po wschodach sorga (1-2 liście),
 - w fazie 4-6 liści sorga,
 - przy wysokości rośliny 25-30 cm.

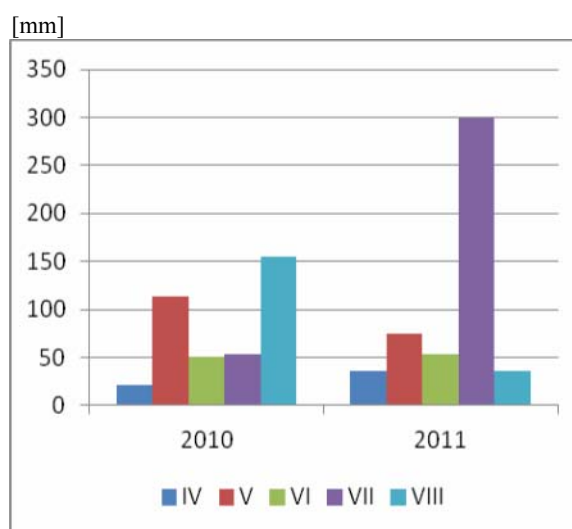
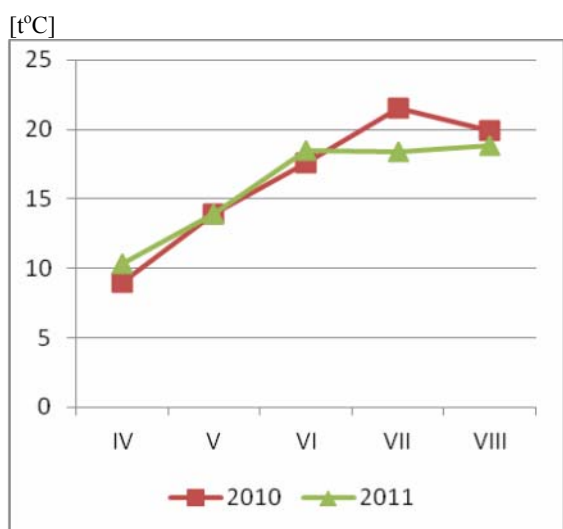
- C - opielacz (oszczędność) 3 razy
 - po wschodach sorga – (1-2 liście),
 - w fazie 4-6 liści sorga,
 - przy wysokości rośliny 25-30 cm,
- D - pielnik szczotkowy 2 razy
 - po wschodach sorga,
 - w fazie 4-6 liści sorga,
 - obsypnik (wysokość roślin 25-30 cm).

Doświadczenie przeprowadzono na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego, kl. III a. Zawartość w glebie przyswajalnego fosforu wynosiła (w mg na 100 g gleby) 11,5, potasu 12,6, magnezu 4,1, a zawartość próchnicy 1,34%. Odczyn gleby oznaczony w 1n KCL wynosił 6,0. Nawożenia mineralnego nie stosowano. Siew sorga wykonano w dniach 10-18 maja, zbiór sorga wykonywano w dniach 20-24 października.

W okresie wegetacji notowano daty wystąpienia faz rozwojowych sorga: pełnia wschodów, faza 6 liści, początek wyrzucania wiech, dojrzałość mleczna i woskowa. Przed zbiorem, na 10 losowo wybranych roślinach z każdego poletka, określano wysokość roślin, jak również zawartość suchej masy całej rośliny. Po zbiorze określano plon zielonej i suchej masy. Istotności wpływu badanych czynników doświadczenia na obserwowane cechy oceniano za pomocą analizy wariancji, wyznaczając półprzedziały ufności testem Tukey'a na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

3. Omówienie wyników i dyskusja

Znaczący wpływ na plon zielonej i suchej masy sorga miały zastosowane dawki nawożenia organicznego, sposoby pielęgnacji, jak i warunki atmosferyczne w okresie wegetacji (rys. 1). W 2010 r. w I i II dekadzie lipca zanotowano małą ilość opadów, co przyczyniło się do ograniczenia dostępności składników pokarmowych zawartych w nawozach naturalnych. W efekcie uzyskano niższe plony niż w roku o bardziej równomiernie rozłożonych opadach. W 2011 r. w okresie od czerwca do sierpnia zanotowano niższą temperaturę powietrza w porównaniu do roku poprzedniego. Suma opadów w tym roku w maju i czerwcu była znacznie niższa niż w roku 2010, ale bardzo duże opady atmosferyczne w lipcu spowodowały intensywny wzrost sorga, w wyniku czego uzyskano większe plony.



Rys. 1. Warunki atmosferyczne podczas wegetacji sorga
Fig. 1. Weather conditions during the vegetation of sorghum

Zaniechanie pielęgnacji mechanicznej niezależnie od dawki nawożenia organicznego spowodowało, iż plony suchej masy sorga w roku 2010 były o około 40%, a roku 2011 o około 17% mniejsze niż na obiektach, na których zwalczano chwasty mechanicznie (tab. 1). W 2010 r. plonowanie sorga na obiektach, na których stosowano mechaniczne zabiegi zwalczające chwasty, były mało zróżnicowane. Natomiast w 2011 r. największe plony świeżej suchej masy zanotowano, gdy do jej pielęgnacji stosowano trzykrotnie pielnik szczotkowy, a suchej masy wtedy, gdy występowanie chwastów ograniczano z wykorzystaniem pielnika szczotkowego (2 razy) i obsypnika przy wysokości roślin około 30 cm roślin. Według Waligóry i in. [22] kukurydza cukrowa lepiej plonowała po zastosowaniu pielęgnacji ręcznej i chemicznej w stosunku do odchwaszczania mechanicznego. Drzewiecki i Pietryga [3] prowadząc doświadczenia w systemie rolnictwa konwencjonalnego po zastosowaniu herbicydów uzyskali statystycznie istotny wzrost plonu ziarna kukurydzy w stosunku do obiektu kontrolnego. Podobnie Gołębiowska [5], Kierzek i Paradowski [8], Książak i Magnuszewski [14] w takich warunkach wykazali, że zastosowanie herbicydów pozwoliło uzyskać istotnie większe plony ziarna w porównaniu do obiektu bez zwalczania chwastów. W 2010 roku zwiększenie dawki nawożenia organicznego z 20 do 40 t·ha⁻¹ miało mały wpływ na poziom plonowania sorgo. Natomiast w roku o dużej ilości opadów w lipcu, nawożenie sorga większą dawką nawozu organicznego (40 t·ha⁻¹) wpływało korzystnie na poziom plonowania suchej masy niezależnie od zastosowanej pielęgnacji mechanicznej. Książak i Machul [13] uprawiając sorgo w systemie rolnictwa konwencjo-

nalnego stwierdzili przyrost plonu zielonej masy sorga po zwiększenia nawożenia azotem ze 120 do 160 kg. Nieco inaczej według tych autorów kształtował się plony suchej masy, a znaczący wpływ miała faza dojrzewania sorga, które nie osiągnęło zalecanej do zbioru dojrzałości mlecznowoskowej nasion (faza wyrzucania wiech). Według Gourley i Luska za Mucha i Brzóska [16] osiągnięcie tej fazy przez rośliny umożliwia zastąpienie kukurydzy w uprawie na kiszonkę. Natomiast plon suchej masy sorga w omawianych badaniach własnych był niższy od maksymalnego, jaki zanotowali w swoich doświadczeniach Mucha i Brzóska [16]. Sowiński i Podkowa-Liszka [20] pod wpływem wrażliwych dawek azotu stwierdzili jedynie niewielką tendencję wzrostu plonu. Podobnie Geng i in. [4] nie uzyskali przyrostu plonu sorga po podniesieniu dawki azotu powyżej 100 kg·ha⁻¹.

Na zawartość suchej masy w całych roślinach sorga niezależnie od przebiegu warunków atmosferycznych w okresie wegetacji niewielki wpływ miał zróżnicowany poziom nawożenia organicznego (tab. 2). Uzyskane wyniki wskazują również, że w warunkach prowadzonych doświadczeń, stosowane sposoby mechanicznego ograniczania zachwaszczenia nie różnicowały znacząco zawartości suchej masy. Zanotowano tylko jej większą zawartość w 2011 r., gdy sorgo pielęgnowano z wykorzystaniem pielnika szczotkowego (2 razy) i obsypnika przy wysokości roślin około 30 cm.

Struktura roślin sorga była znacząco różnicowana pod wpływem zarówno zastosowanych sposobów pielęgnacji, jak również dawek nawożenia organicznego. Najmniejszą wysokość osiągały rośliny na obiekcie kontrolnym, na którym nie stosowano żadnych zabiegów pielęgnacyjnych.

Tab. 1. Plon zielonej i suchej masy sorga w zależności od sposobu pielęgnacji i dawki nawożenia organicznego
Table 1. Green and dry matter yields of sorghum depending on cultivation method and doses of organic fertilization

Sposób pielęgnacji Cultivation method	Plon zielonej masy (t·ha ⁻¹) Green matter yield (t·ha ⁻¹)				Plon suchej masy (t·ha ⁻¹) Dry matter yield (t·ha ⁻¹)			
	Dawka obornika (t·ha ⁻¹) / Doses of composted manure (t·ha ⁻¹)							
	2010		2011		2010		2011	
	20	40	20	40	20	40	20	40
A – kontrola / control	26,1	27,3	40,9	43,2	7,59	7,70	13,3	13,9
B – pielnik szczotkowy / brush weeder	44,5	44,9	49,4	51,1	12,63	12,53	15,6	16,7
C – opielacz / weeding hoe	44,8	45,6	49,6	50,2	13,03	12,49	15,6	16,3
D – pielnik + obsypnik / brush weeder + hiller	42,8	44,3	48,1	50,7	12,07	12,45	16,5	17,2
Średnio / Means	39,6	40,5	47,0	48,8	11,33	11,29	15,3	16,0
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla / for: dawki obornika / doses of composted manure sposób pielęgnacji / cultivation method	1,42 2,98		1,12 2,34		0,29 0,60		0,32 0,67	

Tab. 2. Zawartość suchej masy w roślinach sorga oraz wysokość roślin
Table 2. Dry matter content in plants and height of plants

Sposób pielęgnacji Cultivation method	Zawartość suchej masy w roślinach sorga (%) Dry matter content in plants				Wysokość roślin (cm) Height of plants (cm)			
	Dawka obornika (t·ha ⁻¹) / Doses of composted manure (t·ha ⁻¹)							
	2010		2011		2010		2011	
	20	40	20	40	20	40	20	40
A – kontrola / control	29,1	28,2	32,5	32,1	201	208	327	324
B – pielnik szczotkowy / brush weeder	28,4	27,9	31,7	32,7	269	275	348	356
C – opielacz / weeding hoe	29,1	27,4	31,4	32,4	273	277	349	361
D – pielnik + obsypnik / brush weeder + hiller	27,2	28,1	34,2	34,0	286	286	339	357
Średnio / Means	25,9	27,9	32,4	32,8	257	261	340	349
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla / for: dawki obornika / doses of composted manure sposób pielęgnacji / cultivation method	1,21 2,36		r. n. / n.s. 1,23					

W warunkach ograniczonej ilości opadów w lipcu 2010 r. rośliny sorga nawożone dawką 20 t_{ha}⁻¹ kompostu osiągały zbliżoną wysokość jak rośliny nawożone większą o połowę dawką tego nawozu, niezależnie od sposobu pielęgnacji. Natomiast w 2011 r. rośliny nawożone dawką 40 t_{ha}⁻¹ kompostu i pielęgnowane opielaczem (3 razy) lub dwukrotnie pielniakiem szczotkowym i obsypnikiem przy wysokości ok. 30 cm były wyższe niż rośliny nawożone mniejszą o połowę dawką tego nawozu. Książak i Magnuszewski [14] również obserwowali znacznie niższe rośliny kukurydzy na obiektach bez zwalczania chwastów w porównaniu do łąki, na którym stosowano herbicydy.

4. Podsumowanie

Stosowanie zróżnicowanych mechanicznych zabiegów zwalczających chwasty, w roku o małej ilości opadów w lipcu i znacznie większej w sierpniu 2010 r., miało mały wpływ na plonowanie sorga. Natomiast w roku o dużej ilości opadów w lipcu i znacznie mniejszej w sierpniu 2011 r., zanotowano największe plony wówczas, gdy do pielęgnacji sorga trzykrotnie stosowano pielniak szczotkowy lub dwukrotnie pielniak szczotkowy i obsypnik przy wysokości roślin ok. 30 cm. Zaniechanie pielęgnacji mechanicznej niezależnie od dawki nawożenia organicznego powodowało zmniejszenie plonów suchej masy sorga od 17 do 40% w porównaniu do obiektów, na których zwalczano chwasty mechanicznie.

W roku o ograniczonej ilości opadów w lipcu plony suchej masy sorga nawożonego dawką 20 t_{ha}⁻¹ były podobne jak nawożonych dawką 40 t_{ha}⁻¹. Natomiast w roku o większej ilości opadów nawożenie sorga większą dawką nawożenia organicznego wpływało korzystnie na poziom plonowania suchej masy niezależnie od zastosowanej pielęgnacji mechanicznej.

Zawartość suchej masy w całych roślinach sorga była mało różnicowana zastosowanym poziomem nawożenia organicznego, jak również sposobem pielęgnacji. Zanotowano tylko nieco mniejszą jego zawartość w 2010 r. w roślinach nawożonych większą dawką kompostu niezależnie od sposobu pielęgnacji.

5. Bibliografia

- [1] Ashbell G., Weinberg Z.G.: Silage from tropical cereals and forage crops. FAO Production and protection Paper, 161. Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage, 1 IX-15 XII 1999, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC?gp?SILAGE?HTML/paper7.htm>.
- [2] Camargo M.B.P., Hubbard K.G.: Drought sensitivity indices for sorghum crop. *J. Prod. Agric.*, 1999, 12: 312-316.
- [3] Drzewiecki S., Pietryga J.: Efektywność działania herbicydów w dawkach dzielonych, obniżonych, zastosowanych łącznie z adiuwantem w uprawie kukurydzy. *Prog. Plant Prot./ Post. w Ochr. Rośl.*, 2010, 50(1): 297-302.
- [4] Geng S., Hills F.J., Johnson S.S., Sah R.N.: Potential yields and on-farm ethanol production cost of corn, sweet sorghum, fodder beet and sugar beet. *J. Agron. Crop Sci.*, 1989, 162 (1): 21-29.
- [5] Gołębiowska H.: Wpływ agrotechnicznych czynników na skuteczność działania wybranych herbicydów w uprawie kukurydzy. *Prog. Plant Prot./ Post. w Ochr. Rośl.*, 2005, 45(1): 160-166.
- [6] Heydel L., Benoit M., Schiavon M.: reducing atrazine leaching by integrating reduced herbicide use with mechanical weeding in corn (*Zea mays*). *European Journal of Agronomy*, 1999, 11: 217-225.
- [7] Hryncewicz Z., Fatyga J.: Badania nad uprawą mieszańcowej trawy sudańskiej na zieloną masę. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 1975, 109: 69-78.
- [8] Kierzek R., Paradowski A.: Możliwość wykorzystania propizochloru do zwalczania chwastów w uprawie kukurydzy. *Prog. in Plant Prot./ Post. w Ochr. Rośl.*, 2010, 50(3): 1173-1176.
- [9] Krieg D.R., Lascano R.J.: Sorghum. *Irrigation of Agricultural Crops*. American Society of Agronomy, Madison, USA, 1990, 719-740.
- [10] Krzywiecki S., Szyszkowska A.: Plon i wartość pokarmowa sorga i mieszańcowej trawy sudańskiej uprawianych w plonie wtórnym. *Nowe Rol.*, 1978, 14: 4-5.
- [11] Książak J.: Uprawa sorga na zieloną masę. *Nasza rola*, 2008, 1: 20-21.
- [12] Książak J., Kaźmierczak J.: Możliwości produkcji pasz objętościowych w gospodarstwie ekologicznym. *Więś Jutra*, 2012, 5-6: 1-3.
- [13] Książak J. Machul M.: Ocena plonowania sorga w zależności od sposobu siewu i poziomu nawożenia azotem. *Mat. konf. XV Szkoły Zimowej, „Produkcja mleka i wołowiny a zdrowie człowieka”*, AR Kraków, Zakopane, 26.03-31. 03 2007, 335-336.
- [14] Książak J., Magnuszewski T.: Ocena skuteczności zwalczania chwastów propizochlorem w uprawie kukurydzy. *Prog. in Plant Prot./ Post. w Ochr. Rośl.*, 2009, 49(1): 334-338.
- [15] Meeske R., Basson H.M.: Research note; maize and forage sorghum as silage crops under drought conditions *Afr. J. Range Forage Sci.*, 1995, 12: 133-134.
- [16] Mucha S., Brzóska F.: Wstępne wyniki badań plonowania i składu chemicznego amerykańskich mieszańców sorga z trawą sudańską uprawianych w 1979 roku w Polsce. *Rocz. Nauk Zoot.*, 1983, 10(1): 113-124.
- [17] Rola J., Rola H.: Dynamika chwastów segetalnych na polach uprawnych. *Mat. Sym. Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych*. Wrocław, 25-25.06. 1987: 131-48.
- [18] Singh, B.R., Singh, D.P.: Agronomic and physiological responses of sorghum maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Res.* 1995, 42: 57-67.
- [19] Skrzypczak G.: Problem zwalczania chwastów w uprawie kukurydzy wciąż aktualny. *Kukurydza*, 2006, 1(6): 18-19.
- [20] Sowiński J., Liszka-Podkowa A.: Wielkość i jakość plonu suchej masy kukurydzy (*Zea mays* L.) oraz sorga cukrowego (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) na glebie lekkiej w zależności od dawki azotu. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2008, 7(4): 105-115.
- [21] Śliwiński B.J., Brzóska F.: Historia uprawy sorgo i wartość pokarmowa tej rośliny w uprawie na kiszonkę. *Post. Nauk Rol.*, 2006, 1: 25-37.
- [22] Waligóra H., Skrzypczak G., Szulc P.: Wpływ sposobu pielęgnacji na zachwaszczenie kukurydzy cukrowej. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2009, Vol. 54(4): 148-151.
- [23] Wilson R.G.: Effect of preplant tillage, post-plant cultivation and herbicides on weed density in corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 1993, 7: 728-734.
- [24] Wright G.C., Smith, C.G.: Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. II. Root water uptake and water use. *Aust. J. Agric. Res.* 1983, 34: 627-636.