

DOROTA KALEMBASA¹**ELŻBIETA MALINOWSKA**¹**DAWID JAREMKO**¹**STANISŁAW JEŻOWSKI**²¹ Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska w Siedlcach² Instytut Genetyki Roślin, Polska Akademia Nauk w Poznaniu

Wpływ nawożenia NPK na strukturę plonu traw *Miscanthus* ssp.

The influence of NPK fertilization on yield structure of the *Miscanthus* ssp. grasses

W badaniach określono plon suchej masy łodyg, liści, rizomów i korzeni traw z rodzaju *Miscanthus*. Doświadczenie obejmowało pięć klonów miskanta, w tym dwa diploidalne nr 1 i nr 19 oraz trzy triploidalne 53, 63 i POL. Doświadczenie obejmowało dwa obiekty nawozowe, tj. 1) obiekt kontrolny (bez nawożenia) i 2) z nawożeniem $N_{60}P_{50}K_{100}$ na 1 hektar rocznie. Rośliny zbierano po zakończeniu drugiego okresu wegetacji. Najwyższy plon suchej masy części nadziemnych i podziemnych miskanta stwierdzono dla klonu nr 19, a najniższy dla klonu POL. Działanie nawożenia NPK obniżyło plon suchej masy części podziemnych wszystkich badanych klonów. Średnia wartość energetyczna 1 kg suchej masy części nadziemnych wszystkich analizowanych roślin wynosiła $17,25 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Słowa kluczowe: miskant, nawożenie, struktura plonu, wartość energetyczna

The yield structure (stems, leaves, roots and rhizomes) of the *Miscanthus* grass was determined in a field experiment, after two years of cultivation. Five clones (two diploids: No 1 and No 19, and three triploids: No 53, No 63 and POL) were tested at two levels of fertilization: 1) control and 2) $N_{60}P_{50}K_{100}$ per year. After harvest, dry matter of the analyzed parts was determined. The highest yields of the aboveground and underground parts were recorded for the clone No 19, the lowest ones for the clone POL. The NPK fertilization decreased yield of the underground parts of all the investigated clones. The mean energetic value of the aboveground parts dry mass reached $17.25 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ for all the investigated clones.

Key words: mineral fertilization, *Miscanthus*, yield structure, energetic value

WSTĘP

Uprawa roślin na cele nieżywnościowe, a zwłaszcza energetyczne jest przedmiotem badań w wielu krajach europejskich. *Miscanthus* jako jedyna z obiecujących roślin energetycznych jest uprawiana w Europie na obszarze ok. 350 ha (1997), głównie w postaci plantacji doświadczalnych (Szeptycki, 2000). Rodzaj *Miscanthus* obejmuje

ponad 20 różnych, wykazujących dużą zmienność morfologiczną gatunków pochodzących przede wszystkim z Japonii, Filipin oraz dawnych Indochin (Watson i Dallwitz, 1992). Jako roślina o mechanizmie fotosyntezy typu C-4 miskant chiński wykazuje duży wzrost plonu przy wzroście temperatury i natężenia napromieniowania. Mimo, że optymalna temperatura do jego wzrostu wynosi 28°–32°C, to jednak suma temperatur dobowych dla Europy Środkowej w zupełności wystarcza do uzyskania wysokich plonów suchej masy (Tayot i in., 1994). Pomimo małego zużycia wody na wyprodukowanie jednostki suchej masy (ok. 250 dm³ na kg suchej masy) trzcina chińska potrzebuje w trakcie sezonu wegetacji około 700 mm opadu (Jonkowski, 1994), co w wielu rejonach Polski przekracza przeciętny opad roczny. (Jeżowski, 2000) stwierdził, że miskant jest rośliną niewymagającą wysokiego poziomu nawożenia mineralnego.

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia NPK kilku klonów trawy z rodzaju *Miscanthus* na plon suchej masy ich łodyg, liści, rizomów i korzeni w drugim roku uprawy.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w warunkach polowych na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego o wartości $pH_{KCl} = 6,73$. Zawartość węgla w związkach organicznych wynosiła 37,4 g·kg⁻¹, całkowita zawartość makroelementów była następująca: 1,15 g K; 1,20 g Mg; 10,69 g Ca; 1,0 g P; 0,49 g S na kg gleby. Całkowita zawartość mikroelementów w mg·kg⁻¹ badanej gleby wynosiła: 170,85 mg Mn; 7606,52 mg Fe; 2,18 mg Mo; 14,56 mg Cu; 22,93 mg B; 96,83 mg Zn.

Węgiel oznaczono metodą oksydacyjno-miareczkową, a całkowitą zawartość makro- i mikroelementów metodą ICP-AES, po mineralizacji próbki gleby „na sucho”.

Zawartość przyswajalnych form wg metody Egnera-Riehma wynosiła w mg·kg⁻¹ gleby: K — 151, P — 120 i Mg — 63,0.

Jesienią 2000 roku założono plantację traw, sadzonki uzyskano z rozmnażania kłaczowego (rozłogowego). Nasadzeń dokonano na powierzchni 1,5 m² w trzech powtórzeniach, a zbiór prowadzono po zakończeniu sezonu wegetacyjnego 2002 roku w miesiącu październiku z powierzchni 1 m².

Doświadczenie obejmowało dwa obiekty 1) bez nawożenia (obiekt kontrolny) i 2) z nawożeniem mineralnym w ilości: N — 60, P — 50, K — 100 kg·ha⁻¹ przed ruszeniem wegetacji (N — saletra amonowa, P — superfosfat potrójny, K — siarczan potasu). Do badań wykorzystano 5 genotypów traw z rodzaju *Miscanthus*, tj. 2 genotypy diploidalne (2×) reprezentujące gatunek *Miscanthus sinensis*, w tym jedna z grupy traw *Hybriden* — klon nr 1 oraz jedna niemiecka forma o nazwie Goliath — klon nr 19. Pozostałe 3 genotypy należały do triploidalnego (3×) mieszańca *Miscanthus sinensis* × *giganteus* i różniły się pochodzeniem: klon nr 53 z Niemiec, klon nr 63 z Danii a klon POL z Polski.

Z uzyskanego materiału roślinnego pobrano średnie reprezentatywne próbki łodyg, liści, rizomów i korzeni, których plon suchej masy oznaczono metodą suszarkowo-wagową w temperaturze 105°C.

Uzyskane z trzech powtórzeń wyniki poddano analizie wariancji, a istotność różnic oceniono testem Tukeya.

WYNIKI

W rejonie środkowo-wschodniej Polski najlepiej plonowały klony diploidalne nr 1 i nr 19 *Miscanthus* (tab. 1). Plon wszystkich analizowanych części roślin *Miscanthus* z poszczególnych obiektów przeliczono na suchą masę. Plon suchej masy części nadziemnych (łodyg i liści) klonu 19 był istotnie najwyższy i wynosił $9,36 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (średnio z obiektów kontrolnych i z NPK); klonu 1 był nieco niższy ($6,35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), a najniższy triploidalnego klonu POL ($3,11 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Rośliny diploidalne reagowały istotnym wzrostem plonu łodyg ($+3,17 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) i liści ($+3,00 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) pod wpływem nawożenia mineralnego w przeciwieństwie do roślin triploidalnych, dla których stwierdzono spadek plonu części nadziemnych (odpowiednio $-0,44$ i $-0,49 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$).

Tabela 1

Plon suchej masy ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) części nadziemnych *Miscanthus*
The yield ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) of dry matter of aboveground parts of the investigated clones

Klony Clones	Sucha masa Dry matter								
	łodygi stems			liście leaves			suma części nadziemnych summ of aboveground parts		
	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean
	diploidalne — diploids								
1	3,57	5,81	4,69	0,74	2,58	1,66	4,31	8,39	6,35
19	3,66	7,76	5,71	1,57	5,73	3,65	5,23	13,49	9,36
Średnia — Mean	3,62	6,79	5,20	1,16	4,16	2,66	4,77	10,94	7,86
Wzrost plonu Increases of yields	+3,17			+3,00			+6,17		
triploidalne — triploids									
53	3,63	2,16	2,89	1,72	0,98	1,35	5,35	3,14	4,25
63	3,55	3,30	3,43	1,79	1,25	1,52	5,34	4,55	4,95
POL	2,08	2,50	2,29	0,92	0,74	0,83	3,00	3,22	3,11
Średnia — Mean	3,09	2,65	2,87	1,78	0,99	1,23	4,56	3,64	4,10
Średnie — Means	3,35	4,72	4,03	1,47	2,57	1,95	4,66	7,29	5,98
Spadek plonu Decreases of yield	-0,44			-0,49			-0,92		
NIR _{0,05} dla: klonów di- i triploidalnych	0,52			0,27			1,13		
LSD _{0,05} for: di- and triploid clones									
NPK	0,27			0,30			1,02		
Współdziałania klonów i NPK	n.i.—n.s.			0,30			n.i.—n.s.		
Interaction of clones and NPK									

O — Obiekty kontrolne (bez nawożenia); Control object without fertilization

NPK — Obiekty nawożone nawozami mineralnymi NPK; Objects fertilized with mineral fertilizers NPK

n.i.—n.s. — Różnica nieistotna; Non significant difference

Plon suchej masy części podziemnych (rizomów i korzeni) miskanta (tab. 2) był istotnie wyższy (średnio) triploidów ($36,31 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), a nieco niższy diploidów ($34,65 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$).

Najwyższy plon rizomów uzyskano dla klonu triploidalnego nr 63 (średnio 48,32 kg·m⁻²), a najniższy dla klonu diploidalnego nr 1 (średnio 27,75 kg·m⁻²).

Średni plon suchej masy korzeni *Miscanthus* był istotnie wyższy dla klonów diploidalnych i wynosił 22,29 kg·m⁻², a dla klonów triploidalnych wynosił 11,35 kg·m⁻². Najwyższe plony suchej masy korzeni stwierdzono w przypadku klonu nr 19 (średnio 23,68 kg·m⁻²), nieco niższe klonu nr 1 (20,89 kg·m⁻²), a najniższe klonu POL (10,68 kg·m⁻²) i nr 53 (10,05 kg·m⁻²).

Tabela 2

Plon suchej masy (kg·m⁻²) części podziemnych *Miscanthus*
The yield (kg·m⁻²) of dry matter of underground parts of the investigated clones

Klony Clones	Sucha masa Dry matter								
	rizomy rhizoms			korzenie roots			suma części podziemnych summ of underground parts		
	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean	O	NPK	średnia mean
	diploidalne — diploids								
1	32,86	22,63	27,75	16,64	25,15	20,89	49,50	47,78	48,64
19	41,71	41,36	41,54	28,02	19,33	23,68	69,73	60,69	65,21
Średnia — Mean	37,29	31,00	34,65	22,33	22,24	22,29	59,62	54,24	56,93
Spadek plonu Decreases of yields	-5,26			-0,09			-5,38		
triploidalne — triploids									
53	41,26	16,68	28,97	12,38	7,72	10,05	53,64	24,40	39,02
63	62,11	34,53	48,32	14,80	11,82	13,32	76,91	46,35	61,63
POL	31,05	32,24	31,65	9,50	11,86	10,68	40,55	44,10	42,33
Średnia — Mean	44,81	27,82	36,31	12,23	10,47	11,35	57,03	38,28	47,66
Średnie — Means	41,05	29,41	35,48	17,28	16,35	16,82	58,33	46,26	52,30
Spadek plonu Decreases of yield		-16,99			-1,76			-18,75	
NIR _{0,05} dla: klonów di- i triploidalnych		n.i.—n.s.			0,35			8,36	
LSD _{0,05} for: di- and triploid clones									
NPK		5,28			n.i.—n.s.			8,47	
Współdziałania klonów i NPK		6,21			n.i.—n.s.			9,21	
Interaction of clones and NPK									

O — Obiekty kontrolne (bez nawożenia); Control object without fertilization

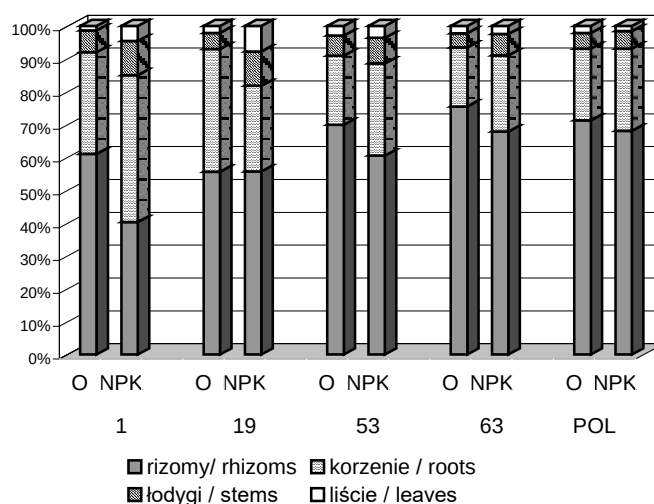
NPK — Obiekty nawożone nawozami mineralnymi NPK; Objects fertilized with mineral fertilizers NPK

n.i.—n.s. — Różnica nieistotna; Non significant difference

W przypadku rizomów i korzeni obu genotypów roślin stwierdzono istotne obniżenie suchej masy plonu pod wpływem nawożenia NPK, przy czym spadek ten był niższy dla diploidów (odpowiednio -5,29 i -0,09 kg·m⁻²) niż dla triploidów (-16,99 i -1,76 kg·m⁻²), a dla sumy części podziemnych spadek ten wynosił odpowiednio -5,38 i 18,75 kg·m⁻².

Procentowy udział analizowanych części *Miscanthus* w plonie całkowitym, przyjętym za 100%, był największy dla rizomów i wahał się od 38% dla klonu nr 1 nawożonego NPK do 72% dla klonu nr 63 bez nawożenia mineralnego rys. 1). Następną pozycję w ogólnej

masie stanowiły korzenie, których masa była największa dla klonu nr 1 nawożonego NPK, a najniższa dla klonu nr 63 bez nawożenia mineralnego. Udział części nadziemnych był niewielki i wynosił od 20% dla klonu nr 19 nawożonego NPK do 7%–8% dla klonu nr 63 bez nawożenia mineralnego. Otrzymane dane wskazują, że po 2 latach wzrostu i rozwoju pięciu klonów trawy *Miscanthus* następuje gromadzenie suchej masy głównie w rizomach i korzeniach, stanowiących część podziemną tej rośliny, a niewielki udział w plonie całkowitym stanowią części nadziemne (łodygi i liście).



Rys. 1. Procentowy udział poszczególnych części w całkowitym plonie *Miscanthus*
Fig. 1. Percentage share of the analyzed parts in total yield of *Miscanthus*

Wartość energetyczna 1 kg suchej masy części nadziemnych miskanta wynosiła średnio dla wszystkich badanych klonów $17,25 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 3). Największą wartość energetyczną stwierdzono dla suchej masy klonu nr 53 ($19,18 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), a najmniejszą dla klonu nr 19 ($16,15 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Tabela 3

Wartość energetyczna (MJ kg^{-1}) w przeliczeniu na 1 kg suchej masy części nadziemnych *Miscanthus*
The energetic value (MJ kg^{-1}) per 1 kg of dry matter of aboveground parts dry mass of *Miscanthus*

Klony — Clones	Wartość energetyczna — The energetic value ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1	16,91
19	16,15
53	19,18
63	16,73
POL	17,29
Średnia — Mean	17,25

DYSKUSJA

Plony wyrażane suchą masą części nadziemnej traw z rodzaju *Miscanthus* podawane w literaturze różnią się bardzo znacznie. Można przyjąć, że dla plantacji, poczynając od drugiego roku po jej założeniu plony wynoszą 15–26 t s.m.·ha⁻¹ (Pude, 2000; El-Bassam, 1996). Porównując plony innych traw trzcinowatych np. *Arundo donax* czy *Spartina pectinata* (Jeżowski, 2000) stwierdził, że *Miscanthus* przy plonie 26 t·ha⁻¹ zdecydowanie przewyższał porównywane gatunki. W przeprowadzonym doświadczeniu uzyskane plony suchej masy części nadziemnej miskanta różnią się znacznie od danych literaturowych, ponieważ zbiór przeprowadzono w październiku, gdy rośliny posiadały pełne ulistnienie. Zbiór biomasy tej trawy zalecany jest w okresie późnej zimy lub wczesnej wiosny. W okresie tym obniżenie plonu suchej masy jest wynikiem opadania (strat) liści, łamania łodyg podczas silnych wiatrów oraz dużych dobowych różnic temperatur (Roszewski, 1996).

Wysoka wartość opałowu uzyskana w doświadczeniu z biomasy miskanta sugeruje, że roślina ta może być zbierana także w tej fazie wzrostu dając znacznie wyższy plon. El-Bassam (1996) podaje wartość opałowu biomasy *Miscanthusa* na zbliżonym poziomie. Wartość ta jest wyższa niż uzyskana ze spalania trzciny, słomy i torfu suchego, a porównywalna z drewnem topolowym i korą.

WNIOSKI

1. Najwyższy plon suchej masy części nadziemnych wśród pięciu klonów trawy z rodzaju *Miscanthus* uzyskano dla klonu nr 19 (średnio 9,36 kg·m⁻²), a najniższy dla klonu POL (średnio 3,11 kg·m⁻²).
2. Działanie nawożenia mineralnego NPK miało wpływ na zwyczaję plonu suchej masy części nadziemnych *Miscanthusa* tylko w przypadku klonów diploidalnych.
3. Dla genotypu diploidalnego nr 19 stwierdzono największy plon suchej masy części podziemnych (średnio 65,21 kg·m⁻²), a najmniejszy dla klonu nr 53 (średnio 39,02 kg·m⁻²).
4. Działanie nawożenia NPK powodowało niższą plon suchej masy części podziemnych wszystkich badanych klonów miskanta.
5. Wartość energetyczna 1 kg suchej masy części nadziemnych (średnia) dla wszystkich uprawianych klonów *Miscanthusa* była wysoka i wynosiła 17,25 MJ·kg⁻¹.

LITERATURA

- El-Bassam N. 1996. Renewable energy. Potential energy crops for Europe and Mediterranean Region. FAO REU. Technical Series 46.
- Jeżowski S. 2000. *Miscanthus* — roślina alternatywna dla polskiego rolnictwa i możliwości jej introdukcji w warunkach klimatycznych Polski. Polsko — Niemiecka Konferencja na temat wykorzystania trzciny chińskiej. Połczyn-Zdrój. Wyd. Szczecin — Expo Biuro Promocji: 22 — 25.
- Jonkowski F. 1994. *Miscanthus* — the future biomass crop for energy and industry. Biomass for energy environment and industry, 8th, E.C., Conference, Vienna: 372 — 379.

- Pude R. 2000. *Miscanthus* — od uprawy do wykorzystania. Sympozjum w dniu 23–24 luty 2000 w Bonn. Streszczenia referatów. Beiträge zu Agrarwissenschaften Bd. 19. Verl. M. Wehle Witterschlick, Bonn.
- Szeptycki A. 2000. Wykorzystanie trzciny chińskiej *Miscanthus* do celów energetycznych. Mat. Konf. — *Miscanthus*. Polsko-niemiecka konferencja na temat wykorzystania trzciny chińskiej. Połczyn-Zdrój. Wyd. Szczecin — Expo Biuro Promocji.
- Tayot X., Chartier M., Varlet-Grancher C., Lemaire G. 1994. Potential above — ground dry matter production of *Miscanthus* in Nord Centre France compared to sweet sorghum. Biomass for energy environment and industry, 8th, E.C., Conference, Vienna: 556 — 564.
- Watson L., Dallwitz M. J. 1992. The grass genera of the World. CAB International: 585 — 587.