

Jan Kuś, Antoni Faber, Mieczysław Stasiak, Andrzej Kawalec
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut
Badawczy w Puławach

PLONOWANIE WYBRANYCH GATUNKÓW ROŚLIN UPRAWIANYCH NA CELE ENERGETYCZNE NA RÓŻNYCH GLEBACH

Streszczenie

W doświadczeniach polowych prowadzonych w latach 2004-2006 na trzech różnych glebach (ciężka, średnia i lekka) oceniono plonowanie czterech gatunków roślin energetycznych: wierzba krzewiasta - *Salix viminalis*, miskant - *Miscanthus*, ślazier pensylwański - *Sida hermaphrodita* i mozga trzcinowata - *Phalaris arundinacea*. Plon wierzby zbieranej corocznie, średnio za 3 lata niezależnie od klonu, na ciężkiej czarnej ziemi (kompleks 8) wynosił 12,9 t/ha, a glebie średniej (kompleks 4) 11,9 t/ha suchej masy. Plon miskanta, średnio za 3 lata dla 5 porównywanych genotypów, na glebie średniej (kompleks 4) wynosił 17,1 t/ha i był o około 15% większy niż na ciężkiej czarnej ziemi. Porównywane klony wierzby i miskanta różnie reagowały na warunki siedliskowe. Plon ślazierca pensylwańskiego na glebie ciężkiej i średniej (kompleksy 8 i 4) przy obsadzie 10 tys./ha roślin wynosił około 10 t/ha i był o 16% mniejszy niż glebie lekkiej (kompleks 5), gdzie obsada roślin wynosiła 20 tys./ha. Uzyskano duże plony mozgi trzcinowatej (odmiana Bamse) przy zbiorze dwóch pokosów – 14 t/ha na glebie kompleksu 5 i 18 t/ha suchej masy na glebie kompleksu 8. Natomiast przy jednokrotnym jej zbiorze późną jesienią plon był o ponad 30% mniejszy.

Słowa kluczowe: rośliny energetyczne, biomasa, wierzba krzewiasta, miskant, ślazier pensylwański, mozga trzcinowata

Wstęp

Przyjęta w 2000 r. przez Radę Ministrów strategia rozwoju energetyki odnawialnej zakłada, że udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w bilansie energii pierwotnej powinien wynosić w Polsce 7,5% w 2010 r. i 14% w 2020 r. (MOS 2000). W dokumencie Polityka energetyczna Polski do 2025 r. przyjęto, że wykorzystanie biomasy stanowić będzie podstawowy kierunek rozwoju OZE (MGiP 2005). Według rozporządzenia Ministra Gospodarki udział biomasy produkowanej na użytkach rolnych powinien wzrastać z 5% w 2008 r. do 60% w 2014 r. (MG 2005).

Polska postrzegana jest w UE jako kraj o dużych potencjalnych możliwościach produkcji biomasy, gdyż szacuje się, że do 1,6 mln ha gruntów rolnych może być przeznaczona pod ten kierunek produkcji [Van Velthuisen 2003]. Jednak obecnie powierzchnia uprawy roślin na paliwa stała jest szacowana na około 10 tys. ha. Gatunkami roślin potencjalnie przydatnymi do produkcji biomasy na cele energetyczne są: wierzba krzewiasta, trawy olbrzymie z rodzaju *Miskanthus*, ślázowiec pensylwański (sida), a także drzewa i krzewy szybko rosnące (topola, robinia akacjowa, róża bezkońcowa) itp.

Celem badań było określenie produkcyjności w warunkach gleb dobrych, średnich i słabych wierzby krzewiastej, miskanta, ślázowca oraz mozgi trzcinowatej w okresie 2-4 rok prowadzenia plantacji.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w latach 2004 -2006 wykorzystując doświadczenia polowe zlokalizowane w trzech siedliskach:

- gleba ciężka - czarna ziemia (zmeliowana) o składzie granulometrycznym gliny ciężkiej, kompleks 8 – zbożowo-pastewny mocny, klasa III b,
- gleba średnia - gleba płowa wytworzona z piasków gliniastych mocnych, przechodząca na głębokości 40-60 cm w glinę lekką, kompleks 4 – żytni dobry, klasa - IVa,
- gleba lekka - gleba płowa wytworzona z piasków gliniastych lekkich przechodzących na głębokości 70-80 cm w glinę lekką, kompleks 5 - żytni dobry, klasa – IVb.

Doświadczenia 1 i 3 założono w Stacji Doświadczalnej IUNG w Osinach (woj. lubelskie), a doświadczenie 2 w RZD Grabów (woj. mazowieckie). Zręzy 4 klonów wierzby pozyskano z UW-M w Olsztynie, sadzonki porównywanych genotypów miskanta wyprodukowane metodą *in vitro* zakupiono w firmie hodowlanej w Niemczech, a sadzonki ślázowca pensylwańskiego wyprodukowano z nasion uzyskanych z AR w Lublinie, zaś nasiona mozgi trzcinowatej odmiany Bamse zakupiono w Szwecji.

Produkcyjność omawianych roślin oceniano w 2-4 roku po założeniu plantacji, przy czym wierzbę zbierano w cyklu rocznym i trzyletnim, a uzyskane plony przeliczono na suchą masę. Wszystkie rośliny zbierano późną jesienią (X i XI), a miskantusa dodatkowo wiosną.

W Osinach we wszystkich trzech latach występował niedobór opadów, a szczególnie niekorzystna sytuacja była w 2006 r., kiedy opady czerwca i lipca stanowiły około 25% normy dla wielolecia, przy bardzo wysokich temperaturach powietrza (tab. 1). W Grabowie sumy opadów w poszczególnych latach były większe, a ich rozkład korzystniejszy niż w Osinach. Wielkość poletek w poszczególnych doświadczeniach wahała się od 200 do 700 m². Podstawowe informacje o agrotechnice uprawianych roślin podano w tabeli 2.

Plonowanie wybranych gatunków...

Tabela 1. Miesięczne sumy opadów* (mm)

Table 1. Monthly sums of rainfalls (mm)

Rok	Miesiąc							Suma IV-X
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Osiny								
2004	39	19	52	93	62	33	31	329
2005	16	67	32	106	56	24	4	305
2006	27	58	19	21	240	8	30	403
1951-2006	41	54	75	82	68	54	42	416
Grabów								
2004	67	41	84	112	59	18	35	416
2005	10	84	46	133	37	44	6	359
2006	30	53	38	10	220	14	34	399
1962-2006	48	62	81	85	71	58	43	408

*/ notowania stacji meteorologicznych IUNG w tych miejscowościach

Tabela 2. Agrotechnika stosowana w uprawach roślin energetycznych

Table 2. Agro technique in use of energy crops production

Roślina	Obsada roślin tys./ha	Nawożenie kg/ha			Odchwaszczenie	Zwalczanie chorób
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Wierzba	40	75	50	75	mechaniczne + Azotop, Symazine	Miedzian
Miskant	15	75	50	75	Mechaniczne	-
Ślazieriec	10 20	75	50	75	mechaniczne	Miedzian +Benlate +Horizon
Mozga	rozstawa rzędów 12cm	135	50	75	Lintur, Aminopielik D	-

Pomiary biometryczne przeprowadzono na 25 losowo wybranych roślinach dla obiektu. Obejmowały one liczbę pędów na roślinie ich wysokość oraz średnicę (na wysokości 10 cm od gruntu). W przypadku miskanta oznaczono dodatkowo udział liści w plonie.

Wyniki badań

Wierzba na ciężkiej glebie, średnio za 3 lata, wykształcała 7-12 pędów o średnicy 8-10 mm i wysokości 2,28-2,64 m w zależności od klonu (tab. 3). Plon suchej masy drewna trzech klonów wynosił 13,1-13,7 t/ha, zaś klonu 1054 był o 12–18% mniejszy. Wierzba uprawiana na glebie średniej wytwarzała nieco mniej pędów, których średnica była także mniejsza, a jej plon niezależnie od klonu o 1 t/ha (o 8%) mniejszy niż na ciężkiej glebie. Klon 1054 okazał się bardziej przydatnym do uprawy na glebie średniej, gdyż w siedlisku tym plonował wyżej niż pozostałe 3 klony. W bardzo suchym 2006 r. plony wierzby, niezależnie od klonu, były mniejsze na glebie średniej (Grabów) o 11%, a na ciężkiej (Osiny) aż o 23% niż w 2004 r. o przeciętnej ilości opadów.

Tabela 3. Plon suchej masy drewna (t/ha/rok) oraz charakterystyki biometryczne różnych klonów wierzby - *Salix viminalis* (2004-2006)Table 3. Yield of dry mass (t/ha/yr) and biometric descriptions of different willow clones (*Salix viminalis*)

Klon	Liczba pędów	Średnica pędu (mm)	Wysokość pędu (m)	Plon suchej masy (t/ha)	Wilgotność %
Gleba ciężka (kompleks – 8)					
1023	8,7	9,3	2,52	13,1	48,9
1047	7,3	9,7	2,58	13,2	49,5
1052	7,0	10,0	2,64	13,7	49,2
1054	12,3	7,7	2,28	11,6	50,8
Średnio	8,8	9,2	2,50	12,9	49,6
Gleba średnie (kompleks – 4)					
1023	8,0	9,3	2,71	11,9	49,9
1047	6,7	8,7	2,42	11,1	51,1
1052	9,7	8,3	2,36	11,6	51,2
1054	9,0	8,7	2,57	12,9	50,1
Średnio	8,4	8,8	2,51	11,9	50,8

Wilgotność drewna zbieranego na przełomie listopada i grudnia wahała się w obu siedliskach w granicach 49-51%.

W doświadczeniu zlokalizowanym na ciężkiej madzie w rejonie Grudziądza [Szczukowski i in. 2005], gdzie deficyt wody nie ograniczał wzrostu roślin, plon wierzby pozyskiwanej w cyklach jednorocznych, wahał się w granicach 12,5-21,5 t/ha s.m. w zależności od klonu i obsady roślin. Wierzba zbierana w cyklach trzyletnich w tych warunkach wydawała plony 19,4-25,9 t/ha/rok s.m. [Stolarski i in. 2002]. Plony wierzby uzyskiwane w innych krajach były na ogół mniejsze. W Szwecji wahały się w granicach 8-10 t/ha s.m., w Wielkiej Brytanii 8-20 t/ha s.m., a w Danii 7-8 t/ha [Luger 1996]. Plony nadziemnej masy wierzby są skorelowane ze średnicą pędów roślin oraz ich wysokością [Matthews i in. 2003]. Na podstawie modeli symulacyjnych plony wierzby możliwe do uzyskania w Europie Wschodniej oszacowano na glebach bardzo dobrych w granicach 14,1-18,4 t/ha, a na glebach dobrych w zakresie 9,9-14,0 t/ha s.m. [Fischer i in. 2005].

Porównywane genotypy miskanta różniły się liczbą pędów na roślinie ich średnicą i długością (tab. 4). Na obu glebach miskant wytwarzał przeciętnie po około 65 pędów, przy czym genotyp M7 miał ich około 80, zaś Giganteus tylko około 50, ale pędy te wyróżniały się zdecydowanie większą średnicą i długością. Plon suchej masy miskanta zbieranego późną jesienią, średnio za 3 lata dla 5 porównywanych genotypów, wynosił 15,1 t/ha na glebie ciężkiej i 17,1 t/ha na glebie średniej (tab. 4). Zróżnicowanie wielkości plonu w zależności klonu było bardzo duże, gdyż na glebie ciężkiej wynosiło od 12,9 (M105) do 16,9 (M7) t/ha, zaś na glebie lżejsze plony wahały się od 14,8 (M40 i Giganteus) do ponad 20 (M115 i M7) t/ha suchej masy. Niższy

średni plon na ciężkiej czarnej ziemi należy wiązać z położeniem jej w obniżeniu terenowym, co opóźniało wznowienie wegetacji wiosną i zwiększało uszkodzenia roślin przez późnowiosenne przymrozki.

Tabela 4. Plony suchej masy (t/ha s.m.) oraz charakterystyki biometryczne różnych klonów miskanta – *Miscanthus* (2004-2006)

Table 4. Yield of dry mass (t/ha d.m.) and biometric descriptions of different miscanthus clones

Genotyp (klon)*	Liczba pędów	Średnica mm	Wysokość m	Plon suchej masy, t/ha	Udział liści %	Wilgotność %
Gleba ciężka (kompleks – 8)						
Gigant.	52	7,3	2,40	16,2	25,8	52,2
M7	79	6,6	2,11	16,9	34,3	44,5
M40	59	6,0	1,87	14,9	32,0	30,2
M105	61	6,5	1,76	12,9	35,1	49,9
M115	69	5,5	2,16	14,8	32,9	47,1
Średnio	64	6,4	2,06	15,1	32,0	44,8
Gleba średnia (kompleks – 4)						
Gigant.	46	6,7	2,77	14,8	30,9	50,4
M7	83	6,3	2,34	20,1	30,4	43,6
M40	59	5,5	2,39	14,8	28,2	44,6
M105	62	5,9	2,36	15,0	31,9	50,5
M115	77	6,0	2,48	20,8	30,7	36,0
Średnio	65	6,1	2,47	17,1	30,4	45,0

*/ *Miscanthus x giganteus* - *M. sacchariflorus* x *M. sinensis*, M7 - *M. sinensis* Gofal, M40 - *M. sinensis* Silver Feather, M105 - *M. sacchariflorus* Robustus x *M. sinensis*, M115 - *M. sacchariflorus* Robustus x *M. sinensis*

Podczas zbioru jesiennego (listopad) pozyskiwano materiał roślinny o wilgotności 38-52% (średnio około 45%), w zależności od roku i genotypu. Przy zbiorze wiosennym wilgotność wynosiła około 25%, ale plon suchej masy był o około 30% mniejszy, gdyż rośliny utraciły większość liści. Najmniejsze plony miskanta w granicach 8 -15 t/ha suchej masy uzyskano w drugim roku po założeniu plantacji (2004 r.), gdyż w tym okresie roślina ta rozbudowuje intensywnie karpę korzeniową. W bardzo suchym 2006 r. plony suchej masy miskanta były średnio dla 5 genotypów na glebie ciężkiej mniejsze o 17%, a na średniej o 14%, w stosunku do uzyskanych w 2005 r. o korzystniejszym rozkładzie opadów. Susza obniżyła głównie wysokość roślin, natomiast nie różnicowała liczbę pędów na roślinie.

Miscanthus jako roślina o szlaku fotosyntezy C4 charakteryzuje się efektywnym wykorzystaniem światła, wody i składników pokarmowych [Scurlock 1999]. Jego plony w okresie pełnej produktywności (od 3 roku po założeniu plantacji) wynosiły w Danii 15-25 t/ha w Austrii 22 t/ha, zaś w Niemczech na glebach dobrych do 24 t/ha s.m., natomiast na słabych glebach jego plony były niskie - 2-10 t/ha s.m. [Scurlock 1999]. Według symulacji przeprowa-

dzonych dla Europy Wschodniej plony miskanta możliwe do uzyskania na glebach bardzo dobrych wahały się w granicach 17,7-21,8 t s.m./ha, a na glebach dobrych w zakresie 12,9-17,1 t s.m./ha [Fischer i in. 2005].

Plon suchej masy ślázowca, średnio za 2 lata, pełnego użytkowania, wynosił 10,7 t/ha i w małym stopniu zależała od jakości gleby (tab. 5). Największy plon (11,9 t/ha) uzyskano na glebie kompleksu 5 (żytni dobry), co mogło być spowodowane większą obsadą roślin na tej glebie (20 tys./ha a na pozostałych 10 tys./ha), a ponadto plantację tę założono o jeden rok wcześniej. Ślázowiec uprawiany w badanych siedliskach i latach wytwarzał średnio 18-20 pędów, o średnicach 17-18 mm oraz wysokości 3,1-3,4 m, a wilgotność biomasy zbieranej późną jesienią (XI i XII) wynosiła średnio około 28% (tab. 5).

Tabela 5. Plony suchej masy (t/ha) oraz charakterystyki biometryczne ślázowca pensylwańskiego - *Sida hermaphrodita* (2005 -2006)

Table 5. Yield of dry mass (t/ha) and biometric description of virginia mallow (*Sida hermaphrodita*)

Kompleks glebowy	Liczba pędów	Średnica pędu, mm	Wysokość pędu, m	Plon suchej masy, t/ha	Wilgotność %
8	19,9	18,1	3,07	10,2	27,7
4	18,5	17,8	3,37	10,1	29,1
5	19,6	16,9	3,27	11,9	28,5

Uzyskane plony ślázowca w omawianych doświadczeniach były mniejsze od podawanych w literaturze [Borkowska, Styk 1995, 1997], natomiast potwierdziły się informacje o możliwości uprawy tej rośliny na słabszych glebach.

Tabela 6. Plon suchej masy (t/ha) mozgi trzcinowatej - *Phalaris arundinacea*

Table 6. Yield of dry mass (t/ha) of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*)

Gleba	Pokos	2005		2006	
		plon suchej masy, t/ha	wilgotność %	plon suchej masy, t/ha	wilgotność %
Ciężka (kompleks 8)	1	11,7	58,0	14,1	71,4
	2	4,6	45,4	5,7	62,1
	razem	16,3	-	19,8	-
	1	13,0	25,2	11,7	45,4
Lekka (kompleks 5)	1	10,2	67,8	11,1	71,6
	2	4,4	43,8	3,4	59,6
	razem	14,6	-	14,5	-
	1	9,3	25,0	10,3	48,8

Z doświadczeń wynika, że dobrze plonowała szwedzka odmiana mozgi trzcinowatej Bamse (tab. 6). Z dwóch pokosów na ciężkiej glebie jej plon wynosił w 2005 r. 16,3 t/ha, a 2006 r. 19,8 t/ha, zaś na glebie lekkiej 14,5 t/ha suchej masy. Przy jednokrotnym zbiorze późną jesienią uzyskiwano ewidentnie mniejsze plony. Gatunek ten może okazać się szczególnie przydatny do produkcji biomasy na cele energetyczne na wyłączonych z użytkowania rolniczego trwałych użytków zielonych.

Wnioski

1. Plon wierzby krzewiastej przy zbiorze corocznym, średnio za 3 lata niezależnie od klonu, na ciężkiej czarnej ziemi (kompleks 8) wynosił 12,9 t/ha s.m., a na glebie średniej (kompleks 4) 11,9 t/ha s. m. Stwierdzono duże wpływy genotypu (klonu) uprawianej wierzby oraz ilości i rozkładu opadów w latach na wielkość plonu.
2. Plon miskanta, średnio za 3 lata dla 5 porównywanych genotypów, na glebie średniej (kompleks 4) wynosił 17,1 t/ha suchej masy i był o około 15% większy niż na ciężkiej czarnej ziemi. Porównywane klony miskanta różniły się wielkością plonu oraz reakcją na warunki siedliskowe.
3. Plon ślazuwca pensylwańskiego wyraźnie zależał od obsady roślin. Na glebie ciężkiej i średniej (kompleksy 8 i 4) przy obsadzie 10 tys./ha roślin, średni jego plon za 2 lata pełnego użytkowania wynosił około 10 t/ha s. m. i był o 16% mniejszy niż na glebie lekkiej (kompleks 5), gdzie obsada roślin wynosiła 20 tys./ha.
4. Uzyskano duże plony mozgi trzcinowatej (odmiana Bamse) przy zbiorze dwóch pokosów – 14,5 t/ha na glebie kompleksu 5 i 16-20 t/ha s.m. na glebie kompleksu 8. Natomiast przy jednokrotnym jej zbiorze późną jesienią plon był o ponad 30% mniejszy.

Bibliografia

- Borkowska H., Styk B. 1995. Ślazuwiec pensylwański (sida) potencjalny surowiec dla przemysłu celulozowo-papierniczego. II Kraj. Konf. Nauk. Las-Drewno-Ekologia, cz. I, ss. 137-139
- Borkowska H., Styk B. 1997. Ślazuwiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby) uprawa i wykorzystanie. AR Lublin, ss. 51.
- Faber A., Kuś J., Stasiak M. 2007. Rośliny energetyczne dla różnych siedlisk. W: Biomasa dla energetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy. Wyd. Wieś Jutra, ss. 26-32
- Fischer G., Prieler S., van Velthuisen H. 2005. Biomass potentials of miscanthus, willow and poplar: results and policy implications for Eastern Europe, Northern and Central Asia. Biomass and Bioenergy, 28, 119–132
- Luger E. 1996. Energy crop species in Europe. http://www.blm.bmlf.gv.at/vero/artikel/artik013/Energy_crop_species+pdf
- Matthews R., Henshall P., Tubby I. 2003. Shoot allometry and biomass productivity in poplar and willow varieties grown as short rotation coppice. <http://www.dti.gov.uk/energy/renewables/publications/pdfs/bw200624part1.pdf>
- Polityka energetyczna Polski do 2025 r. http://www.mgip.gov.pl/NR/rdonlyres/CBBE5FE3-3F4A-44DD-AF552FF43943F32C/13548/polit_energ_polski_2025obw.pdf
- Scurlock J. M. O. 1999. Miscanthus: A Review of European Experience with a Novel Energy Crop. <http://www.p2pays.org/ref/17/16283.pdf>

Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J. 2002. Produktywność klonów wierzb krzewiastych uprawianych na gruntach ornych w zależności od częstotliwości zbioru i gęstości sadzenia. *Frag. Agron.*, 2(74): 39-50

Strategia rozwoju energetyki odnawialnej. http://www.mos.gov.pl/1materialy_informacyjne/raporty/opracowania/energetyka/

Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Grzelczyk M. 2005. Produkcyjność wierzb krzewiastych pozyskiwanych w jednorocznych cyklach zbiorów. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 4(1): 141-151

Van Velthuisen H. 2003. Agro-ecological zoning of Europe. <http://agrienv.jrc.it/activities/pdfs/irena/Velthuisen-AEZ-Europe.pdf>