

WPLYW ZRÓŻNICOWANEJ UPRAWY POŹNIWNEJ NA PRZYDATNOŚĆ DWÓCH ODMIAN BURAKA CUKROWEGO DO PRODUKCJI BIOGAZU*

ARKADIUSZ ARTYSZAK¹, DARIUSZ GOZDOWSKI²

¹Katedra Agronomii, ²Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

arkadiusz_artyszak@sggw.pl

Synopsis. W doświadczeniu przeprowadzonym w latach 2006–2008 w RZD Żelazna badano wpływ czterech wariantów uprawy poźniwnej na plon metanu z liści, korzeni i ogółem. Zastosowane warianty uprawy istotnie modyfikowały badane cechy. Najlepiej pod względem plonu metanu z liści oraz łącznego plonu metanu wypadł wariant z gorczycą. Plon metanu z korzeni był zbliżony we wszystkich wariantach uprawowych, z wyjątkiem wariantu z głęboszem.

Słowa kluczowe – *key words*: burak cukrowy – *sugar beet*, uprawa poźniwna – *post-harvest tillage*, odmiany – *cultivars*, biogaz – *biogas*

WSTĘP

Przyjęty 12 maja 2009 r. przez Radę Ministrów projekt nowelizacji ustawy Prawo Energetyczne, przygotowany przez Ministerstwo Gospodarki zawiera zapisy wspierające wytwarzanie biogazu rolniczego [<http://www.premier.gov.pl>]. Surowcami do produkcji biogazu mogą być m.in. liście i korzenie buraka cukrowego [Iciek i in. 2007, Kuś 2006, KWS 2010, MRiRW 2009]. Ważne jest, zatem określenie wpływu czynników agrotechnicznych na potencjalną wielkość produkcji metanu z liści i korzeni buraka cukrowego.

Celem doświadczenia było zbadanie wpływu zróżnicowanej uprawy poźniwnej na produkcję metanu (stanowiącego główny składnik biogazu) z korzeni i liści dwóch odmian buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2006–2008 w RZD Żelazna SGGW, woj. łódzkie (51°52' N i 20°08' E). Założono je na glebie bielcowej, klasy bonitacyjnej IVa. W 2006 i 2008 r. odczyn gleby był kwaśny, w 2007 r. lekko kwaśny. Zasobność gleby w fosfor we wszystkich latach badań była bardzo wysoka, w potas wysoka w 2006 r., a średnia w pozostałych latach. W przypadku magnezu była ona bardzo wysoka w 2007 r. a w pozostałych latach – średnia. Zawartość boru była średnia w 2007 i w 2008 r. a niska w 2006 r.; miedzi, cynku, manganu i żelaza – średnia we wszystkich latach badań.

* Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2005–2008 jako projekt badawczy nr 2 P06R 090 28

W czerwcu ilość opadów była większa od średniej z wielolecia tylko w 2007 r., w lipcu mniejsza we wszystkich 3 latach badań, a w sierpniu była większa w 2008 r., a przede wszystkim w 2006 r. (tab. 1). Z kolei średnia temperatura dobowa w okresie czerwiec-sierpień we wszystkich 3 latach badań była większa niż średnia z wielolecia.

Tabela 1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji w latach 2006–2008
Table 1. Weather conditions in vegetation period during 2006–2008

Miesiąc Month	2006	2007	2008	Średnio – Mean 1921–2004 [Mercik i Stępień 2005]
Temperatura – Temperature (°C)				
IV	8,8	9,3	9,0	7,6
V	13,9	15,3	13,7	13,5
VI	17,9	19,0	18,6	16,5
VII	22,8	18,9	19,6	18,4
VIII	17,6	18,8	18,9	17,5
IX	15,5	12,9	12,7	13,4
X	14,9	8,0	10,1	8,3
Opady – Rainfalls (mm)				
IV	45,9	28,2	22,9	38,8
V	41,0	65,1	59,0	53,4
VI	35,4	81,2	18,7	62,4
VII	16,7	63,8	74,4	81,0
VIII	154,3	52,5	74,1	67,2
IX	22,9	46,7	43,2	47,4
X	18,8	18,0	74,1	37,2
Suma – Sum	335	355,5	366,4	387,4

Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot w 3 powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem (A) była zróżnicowana uprawa poźniwna:

- wariant z głęboszem – zbiór słomy, podorywka agregatem uprawowym, głęboszowanie, orka przedzimowa,
- wariant z gorczycą – zbiór słomy, podorywka agregatem uprawowym, wysiew w międzyplonie ścierniskowym gorczyicy białej, orka przedzimowa,
- wariant z nawożeniem słomą – pocięcie słomy, nawożenie saletrą amonową w dawce 10 kg N·t⁻¹ słomy, podorywka agregatem uprawowym, orka przedzimowa,
- wariant z uprawą tradycyjną – zbiór słomy, podorywka agregatem uprawowym, głęboszowanie, orka przedzimowa.

Drugim czynnikiem (B) były odmiany buraka cukrowego: Esperanza i Henrike. Powierzchnia pojedynczego poletka przy założeniu doświadczenia wynosiła 43,2 m² a do zbioru – 21,6 m². Terminy siewu były następujące: 2006 r. – 22 IV, 2007 r. – 29 III i 2008 r. – 1 IV, a zbioru odpowiednio w latach 24 X, 18 X i 8 X.

W przypadku wariantu ze słomą przed zbiorem pszenicy jarej pobrano próby roślin z 1 m² w 3 powtórzeniach celem określenia plonu słomy. W 2005 r. plon słomy wyniósł 9,00 t·ha⁻¹, w 2006 i 2007 r. 7,00 t·ha⁻¹. Przed wykonaniem głębokiej orki przedzimowej w wariantcie z gorczycą pobierano w 3 powtórzeniach próbki roślin z 1 m² celem określenia plonu świeżej masy części nadziemnej i zawartości suchej masy. W 2005 r. plon świeżej masy nadziemnej gorczycy wyniósł 20,0 t·ha⁻¹, w 2006 r. – 35,0 t·ha⁻¹ i 2007 r. – 27,0 t·ha⁻¹. Tuż przed zbiorem na każdym poletku pobierano losowo kolejno 4 rośliny buraka celem określenia ich cech biometrycznych. Dla każdej rośliny określono świeżą masę blaszek liściowych, ogonków liściowych i korzenia, a także całość rośliny. Następnie z blaszek liściowych, ogonków liściowych i korzenia pobrano po 100 g świeżej masy celem określenia zawartości suchej masy, co posłużyło następnie do wyliczenia suchej masy blaszek liściowych, ogonków liściowych, korzenia i całości rośliny. Liście ogłowiono ręcznie przy pomocy ogławiaczy i zważono. Następnie policzono korzenie, wykopano je ręcznie, oczyszczono i zważono. Określono plon korzeni i liści oraz % udział suchej masy w liściach i korzeniach. Plon s.m. korzeni i liści wyliczono jako iloczyn średniej ważonej s.m. (z uwzględnieniem udziału korzeni, blaszek liściowych i ogonków w całkowitej biomacie) oraz plonu korzeni i liści. Wykorzystując wydajność suchej masy liści (1 t s.m. liści = 473 m³ metanu) i korzeni (1 t s.m. korzeni = 436 m³ metanu) wyliczono produkcję metanu [Trösch i Weiland 1998].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując analizę wariancji i porównania wielokrotne testem Tukey'a. Do porównania średnich przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia wykonano w programie SAS 9.1 przy użyciu procedury GLM. Ocena współzależności między badanymi cechami wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji prostej Pearsona. Istotność współzależności oceniano przy $p \leq 0,05$ oraz $p \leq 0,01$. Dla wybranych par cech wykonano analizę regresji prostej liniowej w celu określenia zależności przyczynowo-skutkowej między nimi. Obliczono również podstawowe parametry badanych zmiennych tj. średnie, odchylenia standardowe, współczynniki zmienności oraz wartości minimalne i maksymalne.

WYNIKI BADAŃ

Plon korzeni średnio za lata 2006–2008 wahał się od 60,8 t·ha⁻¹ (odmiana Henrike, wariant z głęboszem) do 76,6 t·ha⁻¹ (odmiana Esperanza, wariant z gorczycą). Warianty uprawowe istotnie wpływały na tę cechę. Istotnie największy plon uzyskano w wariantcie z gorczycą (72,7 t·ha⁻¹) a najmniejszy w wariantcie z głęboszem (61,7 t·ha⁻¹). Odmiany wytwarzały podobny plon korzeni. Plon liści wynosił od 28,9 t·ha⁻¹ (odmiana Esperanza w wariantcie ze słomą) do 44,0 t·ha⁻¹ (odmiana Esperanza w wariantcie z gorczycą). Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu liści od zastosowanych wariantów uprawowych. Największy uzyskano w wariantcie z gorczycą (41,4 t·ha⁻¹) a najmniejszy w wariantcie ze słomą (29,9 t·ha⁻¹). Podobnie jak w wypadku plonu korzeni, odmiany nie miały istotnego wpływu na badaną cechę.

Plon suchej masy liści wahał się od 4,02 t·ha⁻¹ w przypadku odmiany Esperanza w wariantcie ze słomą do 5,77 t·ha⁻¹, także dla odmiany Esperanza, ale w wariantcie z gorczycą (tab. 2). Na wielkość tej cechy istotny wpływ miały zastosowane warianty uprawy poźniwej; największy plon suchej masy liści uzyskano w wariantcie z gorczycą (5,60 t·ha⁻¹) a istotnie mniejszy

Tabela 2. Plon suchej masy liści i korzeni w zależności od wariantu uprawy poźniwej i odmiany (średnie z lat 2006–2008) ($t \cdot ha^{-1}$)

Table 2. Yield of dry matter of leaves and roots depending on variant of postharvest tillage and variety (means from years 2006–2008) ($t \cdot ha^{-1}$)

Wariant uprawy poźniwej <i>Variant of postharvest tillage</i> (A)	Odmiana – <i>Cultivar</i> (B)		Średnia – <i>Mean</i>
	Esperanza	Henrike	
<i>Liście – Leaves</i>			
Głębosz – <i>Subsoiler</i>	4,33	4,41	4,37
Gorzycza – <i>Mustard</i>	5,77	5,43	5,60
Słoma – <i>Straw</i>	4,02	4,58	4,30
Tradycyjna – <i>Conventional</i>	4,25	4,58	4,42
Średnia – <i>Mean</i>	4,59	4,75	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 0,69; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n.			
<i>Korzenie – Roots</i>			
	Esperanza	Henrike	Średnia – <i>Mean</i>
Głębosz – <i>Subsoiler</i>	11,9	11,6	11,8
Gorzycza – <i>Mustard</i>	13,8	13,6	13,7
Słoma – <i>Straw</i>	13,6	13,4	13,5
Tradycyjna – <i>Conventional</i>	13,4	13,2	13,3
Średnia – <i>Mean</i>	13,2	12,9	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 1,69; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n.			

r.n. – różnice nieistotne – *non-significant differences*

Tabela 3. Podstawowe parametry statystyczne charakteryzujące plon metanu w latach 2006–2008

Table 3. Statistical parameters characterize yield of methane in 2006–2008

Zmienne <i>Variables</i>	Plon metanu z liści <i>Methane yield from leaves</i> ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	Plon metanu z korzeni <i>Methane yield from roots</i> ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	Łączny plon metanu (liście + korzenie) <i>Total methane yield (leaves + roots)</i> ($m^3 \cdot ha^{-1}$)
Średnia – <i>Mean</i> ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	2210	5692	7902
Odchylenie standardowe ($m^3 \cdot ha^{-1}$) <i>Standard deviation</i> ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	908	1901	2684
Min., $m^3 \cdot ha^{-1}$	873	2139	3265
Max., $m^3 \cdot ha^{-1}$	5319	11702	14571
Współczynnik zmienności (%) <i>Coefficient of variation</i> (%)	41,1	33,4	34,0

nie różniący się – w pozostałych wariantach. Z kolei plon suchej masy korzeni był średnio 2,8-krotnie większy niż liści i wynosił od 11,6 (odmiana Henrike w wariacie z głęboszem) do 13,8 t·ha⁻¹ (odmiana Esperanza w wariacie z gorczycą). Plony suchej masy korzeni w wariacie z gorczycą, ze słomą i z uprawą tradycyjną nie różniły się istotnie, a przy wariacie z głęboszem był istotnie niższy w porównaniu do wariantu z gorczycą i ze słomą.

W tabeli 3 przedstawiono podstawowe parametry statystyczne dla teoretycznego plonu metanu z liści, korzeni i łącznego plonu metanu. Wynika niej, że plon metanu z liści odznaczał się większą zmiennością niż plon metanu z korzeni i łączny plon metanu.

Plon metanu z liści wynosił od 1899 m³·ha⁻¹ (odmiana Esperanza w wariacie ze słomą) do 2728 m³·ha⁻¹ (odmiana Esperanza w wariacie z gorczycą) (tab. 4). Wartość tej cechy była istot-

Tabela 4. Plon metanu z liści, korzeni i łączny w zależności od wariantu uprawy poźniwej i odmiany (średnie z lat 2006–2008) (m³·ha⁻¹)

Table 4. Methane yield from leaves, roots and total yield depending on variant of postharvest tillage and variety (means from years 2006–2008) (m³·ha⁻¹)

Wariant uprawy poźniwej <i>Variant of postharvest tillage</i> (A)	Odmiana – <i>Variety</i> (B)		Średnia <i>Mean</i>
	Esperanza	Henrike	
Liście – <i>Leaves</i>			
Głębosz – <i>Subsoiler</i>	2048	2086	2067
Gorczyca – <i>Mustard</i>	2728	2568	2648
Słoma – <i>Straw</i>	1899	2167	2033
Tradycyjna – <i>Conventional</i>	2012	2168	2090
Średnia – <i>Mean</i>	2172	2247	2210
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 326; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n			
Korzenie – <i>Roots</i>			
Głębosz – <i>Subsoiler</i>	5183	5064	5124
Gorczyca – <i>Mustard</i>	6017	5929	5973
Słoma – <i>Straw</i>	5924	5825	5874
Tradycyjna – <i>Conventional</i>	5850	5746	5798
Średnia – <i>Mean</i>	5743	5641	5692
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 736; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n			
Liście + Korzenie – <i>Leaves + Roots</i>			
Głębosz – <i>Subsoiler</i>	7232	7150	7191
Gorczyca – <i>Mustard</i>	8745	8496	8621
Słoma – <i>Straw</i>	7823	7992	7908
Tradycyjna – <i>Conventional</i>	7862	7914	7888
Średnia – <i>Mean</i>	7915	7888	7902
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 867; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n			

r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*

Tabela 5. Współczynniki korelacji między plonem metanu a plonem korzeni i liści w zależności od wariantu uprawy poźniwnej w latach 2006–2008

Table 5. Correlation coefficients between yield of methane and yield of roots and leaves depending on variant of postharvest tillage in years 2006–2008

Zmienne <i>Variables</i>	Plon metanu z liści <i>Methane yield from leaves</i>	Plon metanu z korzeni <i>Methane yield from roots</i>	Łączny plon metanu (liście + korzenie) <i>Total methane yield (leaves + roots)</i>	Plon korzeni <i>Yield of roots</i>
<i>Głębosz – Subsoiler</i>				
Plon metanu z korzeni <i>Methane yield from roots</i>	+0,94**			
Łączny plon metanu <i>Total methane yield</i>	+0,97**	+0,99**		
Plon korzeni <i>Yield of roots</i>	+0,87**	+0,95**	+0,94**	
Plon liści <i>Yield of leaves</i>	+0,98**	+0,94**	+0,97**	+0,86**
<i>Gorzycza – Mustard</i>				
Plon metanu z korzeni <i>Methane yield from roots</i>	+0,83**			
Łączny plon metanu <i>Total methane yield</i>	+0,93**	+0,98**		
Plon korzeni <i>Yield of roots</i>	+0,89**	+0,92**	+0,95**	
Plon liści <i>Yield of leaves</i>	+0,89**	+0,96**	+0,97**	+0,95**
<i>Słoma – Straw</i>				
Plon metanu z korzeni <i>Methane yield from roots</i>	+0,79**			
Łączny plon metanu <i>Total methane yield</i>	+0,89**	+0,98**		
Plon korzeni <i>Yield of roots</i>	+0,69**	+0,90**	+0,87**	
Plon liści <i>Yield of leaves</i>	+0,93**	+0,92**	+0,96**	+0,78**
<i>Tradycyjna – Conventional</i>				
Plon metanu z korzeni <i>Methane yield from roots</i>	+0,73**			

Tabela 5. c.d.
Table 5. cont.

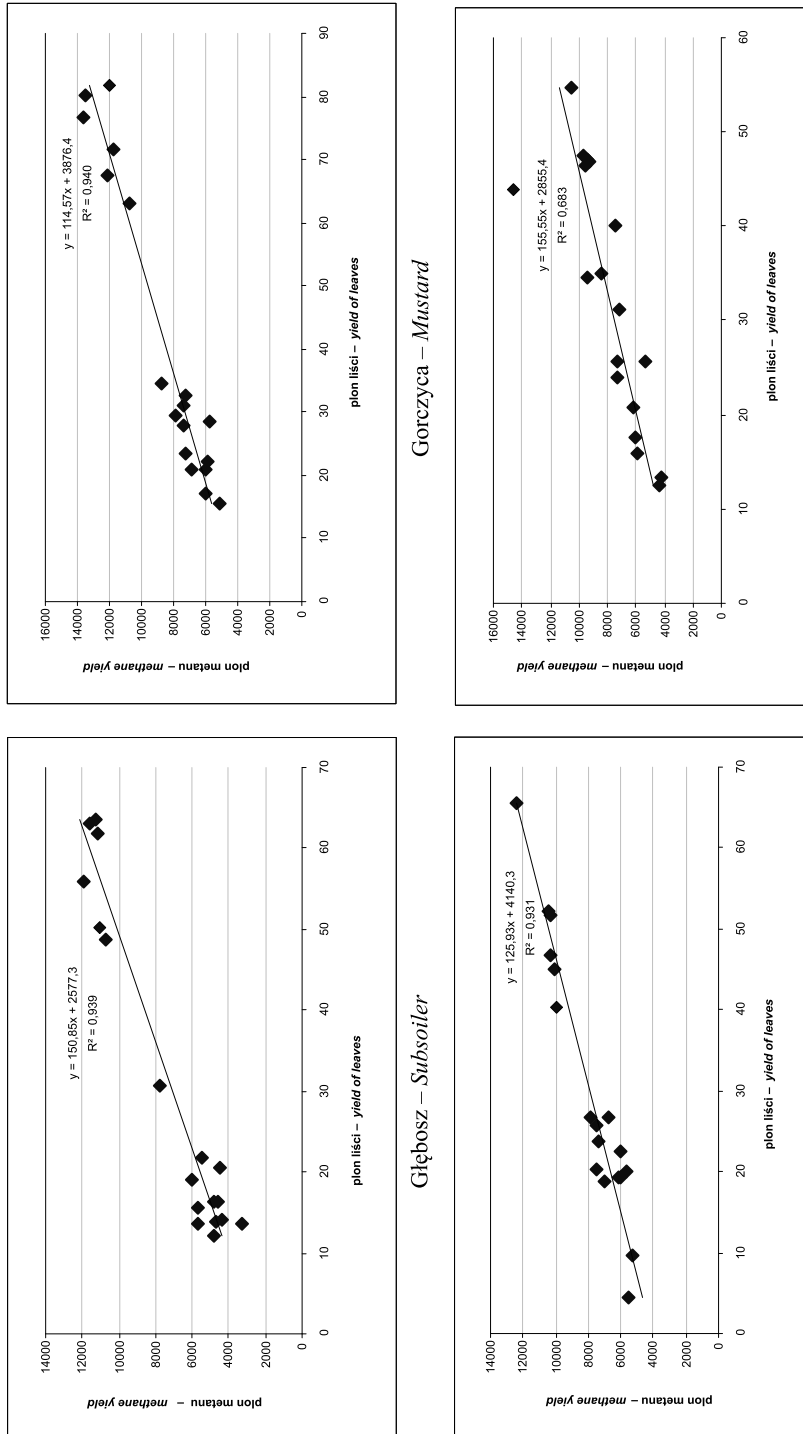
Łączny plon metanu <i>Total methane yield</i>	+0,84**	+0,98**		
Plon korzeni <i>Yield of roots</i>	+0,81**	+0,78**	+0,83**	
Plon liści <i>Yield of leaves</i>	+0,91**	+0,74**	+0,83**	+0,67**

** – istotne przy poziomie $\alpha = 0,01$ – *significants at $\alpha = 0.01$*

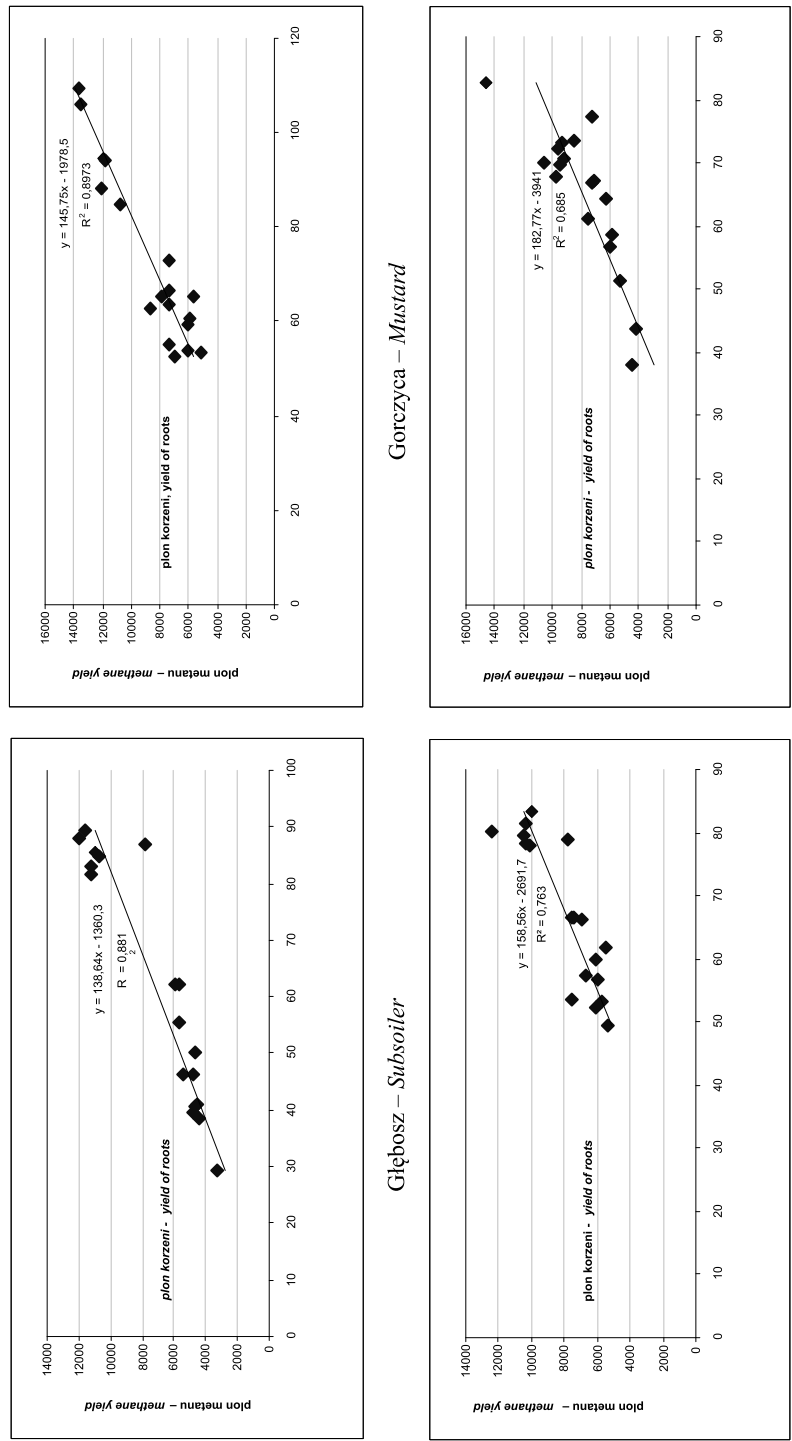
nie zróżnicowana w zależności od wariantu uprawy ścierniska. Istotnie największy plon metanu uzyskano w wariacie z gorczycą ($2648 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) a zbliżony w pozostałych wariantach ($2033\text{--}2090 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Plon metanu z korzeni był średnio 2,6-krotnie większy niż z liści i wahał się od $5064 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (odmiana Henrike w wariacie z głęboszem) do $6017 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (odmiana Esperanza w wariacie z gorczycą). Podobnie jak w ocenie plonu metanu z liści był on zależny istotnie od wariantu uprawy; największy w wariacie z gorczycą, niewiele mniejszy w wariacie ze słomą i w uprawie tradycyjnej a najmniejszy w wariacie z głęboszem. Plon metanu ogółem (z liści i korzeni) wahał się od $7150 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (odmiana Henrike w wariacie z głęboszem) do $8745 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (odmiana Esperanza w wariacie z gorczycą). Istotnie największy plon metanu uzyskano w wariacie z gorczycą a najmniejszy – z głęboszem. Obie odmiany buraka cukrowego odznaczały się zbliżonym plonem metanu z liści, z korzeni oraz łącznym plonem z liści i korzeni.

Łączny plon metanu był istotnie dodatnio skorelowany z plonem liści i plonem korzeni; najsłabszy związek stwierdzono w uprawie tradycyjnej (tab. 5). Plon metanu z liści był istotnie dodatnio skorelowany z obsadą roślin podczas zbioru jedynie w wypadku wariantu z głęboszem. Z kolei plon metanu z korzeni był istotnie dodatnio skorelowany we wszystkich wariantach uprawy, z wyjątkiem wariantu ze słomą. Najsilniejszy związek wystąpił w wariacie z głęboszem a najsłabszy przy uprawie tradycyjnej. Podobne zależności wystąpiły pomiędzy łącznym plonem metanu a obsadą roślin podczas zbioru. Plon metanu z liści był w największym stopniu zdeterminowany przez plon liści w przypadku wariantu z głęboszem ($R^2 = 0,961$) a w najmniejszym w wariacie z gorczycą ($R^2 = 0,784$). Zwiększenie plonu liści o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało przyrost plonu metanu odpowiednio o $52,8$ i $38,3 \text{ m}^3$. Plon metanu z korzeni był w największym stopniu zdeterminowany przez plon korzeni w wariacie z głęboszem ($R^2 = 0,912$) a w najmniejszym w wariacie z uprawą tradycyjną ($R^2 = 0,606$). Zwiększenie plonu korzeni o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ przynosiło największy wzrost plonu metanu w wariacie z uprawą tradycyjną (o $136,6 \text{ m}^3$) a najmniejszy w wariacie z głęboszem ($94,3 \text{ m}^3$).

Łączny plon metanu był najsilniej determinowany przez plon liści w wariacie z gorczycą ($R^2 = 0,940$) a najsłabiej w wariacie z uprawą tradycyjną ($R^2 = 0,683$) (rys. 1). Największy przyrost łącznego plonu metanu przy wzroście plonu liści o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano w wariacie z uprawą tradycyjną ($155,6 \text{ m}^3$) a najmniejszy w wariacie z gorczycą ($114,6 \text{ m}^3$). Łączny plon metanu był najsilniej determinowany przez plon korzeni w wariacie z gorczycą ($R^2 = 0,897$) a najsłabiej przy uprawie tradycyjnej ($R^2 = 0,685$) (rys. 2). Największy przyrost łącznego plonu metanu po zwiększeniu plonu korzeni o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ wystąpił przy uprawie tradycyjnej ($182,8 \text{ m}^3$) a najmniejszy przy wariacie z głęboszem ($138,6 \text{ m}^3$).



Rys. 1. Funkcje regresji przedstawiające zależność łącznego plonu metanu w zależności od plonu liści w poszczególnych wariantach uprawowych w latach 2006–2008
Fig. 1. Regression functions presented relationships between total yield of methane and yield of leaves for examined variants of postharvest tillage in years 2006–2008



Tradycyjna – Conventional

Śłoma – Straw

Rys. 2. Funkcje regresji przedstawiające zależność łącznego plonu metanu w zależności od plonu korzeni w poszczególnych wariantach uprawowych w latach 2006–2008
 Fig. 2. Regression functions presented relationships between total yield of methane and yield of roots for examined variants of postharvest tillage in years 2006–2008

DYSKUSJA

Przed burakiem cukrowym pojawiają się nowe, poza tradycyjnym, możliwości wykorzystania, takie jak produkcja bioetanolu a przede wszystkim biogazu. Pomóc ma w tym dokument „Założenia programu rozwoju biogazowni rolniczych” przygotowany przez MRiRW [2009], który stanowi podstawę do przygotowywanego w Ministerstwie Gospodarki rządowego programu „Innowacyjna Energetyka. Rolnictwo Energetyczne”. Zakłada się osiągnięcie do roku 2013 produkcji biogazu na poziomie nie mniejszym niż 1 mld m³ rocznie.

W przypadku buraka cukrowego do produkcji biogazu można wykorzystać same liście, korzenie lub liście i korzenie. Wykorzystanie liści może być atrakcyjne dla rolników, którzy samodzielnie lub w grupie producenckiej, zainstalują niewielkie biogazownie. Natomiast wykorzystanie korzeni i całych roślin może być atrakcyjne, zarówno dla cukrowni pracujących lub wygaszonych. W drugim przypadku inwestycje w tym zakresie prowadzi już Krajowa Spółka Cukrowa w nieczynnym zakładzie w Woźuczynie.

Plony metanu zależą przede wszystkim od plonu suchej masy, a ten zależy od plonu świeżej biomasy i zawartości w niej s.m. Należy zatem w technologii uprawy zwrócić uwagę na te czynniki agrotechniczne, które powodują możliwie jak największą produkcję biomasy, przy możliwie niewielkich nakładach finansowych. W odróżnieniu od technologii produkcji z przeznaczeniem buraka do produkcji cukru, technologia produkcji buraka cukrowego z przeznaczeniem do produkcji metanu nie musi uwzględniać jakości korzeni. Zatem korzystne może być np. wyższe nawożenie azotowe, a zwłaszcza pogłównie nawożenie azotem w późniejszych stadiach rozwojowych lub też inne elementy agrotechniki, które ze względu na pogarszanie jakości technologicznej korzeni nie były do tej pory stosowane. Większość wykonanych do tej pory badań dotyczyło właśnie jakości korzeni [Kuc i Waclawowicz 2009].

Wyniki badań własnych dowodzą, że zastosowane warianty uprawy późniejszej wpływają przede wszystkim na plon liści a w mniejszym stopniu różnicują plon korzeni. Najlepiej pod względem ocenianego teoretycznego plonu metanu z liści wypadł wariant z uprawą gorczycy w międzyplonie ścierniskowym i jej przyoraniem przed zimą. Było to najprawdopodobniej spowodowane późnym uwalnianiem się azotu z rozkładającej się gorczycy, co wpłynęło na zwiększenie ich masy. Podobne wyniki uzyskał Kordas [2000]. Interesujący jest niekorzystny wpływ głęboszowania na plon korzeni. Brak zwyczajki plonów pod wpływem tego zabiegu stwierdzili także Podstawka-Chmielewska i Malicki [1997] oraz Kordas [2000]. Zwyczajki plonów otrzymali zaś Cieśliński i in. [1983], Pabin i in. [2000], Podstawka-Chmielewska i Kurus [2002]. W badaniach zagranicznych nieliczni autorzy otrzymali istotne zwyczajki plonów pod wpływem głęboszowania [Ehlers i in. 1994, Johnson i Erickson 1991]. W większości przypadków była ona niewielka lub burak zareagował obniżką plonu na ten zabieg [Dragović i in. 1982, Ide i in. 1987, Marks 1985, Molnar i in. 1982, Larney i in. 1986, Pittelkow i in. 1988]. Najprawdopodobniej w doświadczeniu własnym doszło do przesuszenia gleby i pogorszenia warunków wilgotnościowych.

Obie odmiany buraka cukrowego odznaczały się zbliżonym teoretycznym plonem metanu, zarówno z liści jak i korzeni. Można to tłumaczyć bliskim pokrewieństwem obu odmian, bo pochodzą z firmy KWS. Obie są odmianami diploidalnym i zostały wpisane do Krajowego Rejestru w podobnym terminie; Henrike w 2003 r. a Esperanza w 2004 r. [COBORU 2003, 2004].

WNIOSKI

1. Największy plon metanu z liści uzyskano z wariantu z uprawą gorczycy białej w międzyplonie ścierniskowym i jej przyoraniem przed zimą. Pozostałe warianty uprawy poźniwej odznaczały się zbliżonymi wartościami tej cechy.
2. Największy plon metanu z korzeni uzyskano przy wariacie z gorczycą, nawożeniem słomą i przy uprawie tradycyjnej. Najgorzej pod tym względem wypadł wariant z głęboszowaniem.
3. Największy łączny plon metanu odnotowano z wariantu uprawy z gorczycą.
4. Obie odmiany buraka cukrowego odznaczały się zbliżonym plonem metanu, zarówno z liści, jak z korzeni oraz ogółem.

PIŚMIENNICTWO

- Cieśliński Z., Raszeja P., Pietrzak J. 1983. Wpływ zabiegów agromelioracyjnych na plonowanie roślin uprawnych na glebach zwięzłych. *Prace Wydz. Nauk Przyr. Bydgoszcz*, B 30: 3–18.
- COBORU 2003. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Zbożowe, okopowe, strączkowe, oleiste. Słupia Wielka: 170.
- COBORU 2004. Lista opisowa odmian. Cz. 2. Okopowe, strączkowe. Słupia Wielka: 50.
- Dragović S., Panić Z., Rožić R. 1982. Effect of tillage depth, with and without subsoiling, and different levels of nitrogen fertilization and irrigation on the yield and quality of sugar beet grown on the soils of heavy texture. *Proceed. 9th Conf. ISTRO. Osijek, Yugoslavia, 21–24 June 1982*: 340–345.
- Ehlers W., Werner D., Fenner S. 1994. Reconsolidation of a deep-loosened silt loam under plowing and conservation tillage. *Proceed. 13th Conf. ISTRO. Aalborg, Denmark, 24–29 July 1994*: 55–60.
- Iciek J., Szopa J., Gołabczak J., Kalinowska H., Wawro S. 2007. Burak cukrowy alternatywnym surowcem i możliwości zagospodarowania produktów ubocznych jego przetwórstwa. W: *Alternatywne wykorzystanie buraka cukrowego w świetle reformy rynku cukru*. Artyszak A., Wszyński Z. (red.). Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 20–37.
- Ide G., Hofman G., Ossemerct C., Van Ruymbeke M. 1987. Subsoiling: time dependency of its beneficial effects. *Soil Till. Res.* 10: 213–223.
- Johnson B.S., Erickson A.E. 1991. Sugarbeet response to subsoiling and wheel traffic. *Agron. J.* 83: 386–390.
- Kordas L. 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 386, Rozpr. 171: ss. 95.
- Kuc P., Waclawowicz R. 2009. Wpływ nawożenia organicznego i jesienno-wiosennego sposobu uprawy roli na wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Fragm. Agron.* 26(3): 86–92.
- Kuś. J. 2006. Możliwości produkcji i wykorzystania biomasy na cele energetyczne. *Probl. Ecol.* 10(1): 29–34.
- KWS. 2010. Burak cukrowy – wydajny substrat do produkcji biogazu: ss. 12.
- Larney F.J., Fortune R.A. 1986. Recompaction effects of mouldboard ploughing and seedbed cultivations on four deep loosened soils. *Soil Till. Res.* 8: 77–87.
- Marks M.J. 1985. Subsoil loosening and deep placement of phosphate potash fertiliser. In: *Reference Book, Crop Nutrition and Soil Science*. ADAS, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 253(83): 42–54.
- Mercik S., Stępień W. 2005. The most important soil properties and yields of plants in 80 years of static fertilizing experiments in Skierniewice. *Fragm. Agron.* 22(1): 189–201.
- Molnar I., Vuković R., Jenovai Z. 1982. Effect of meliorative and regular cultivation and fertilization of hydromorphic black soil/humogley/ on the yields of wheat, corn and sugarbeet grown in three-crop rotation. *Proceed. 9th Conf. ISTRO. Osijek, Yugoslavia, 21–24 June 1982*: 18–25.
- MRiRW. 2009. Założenia programu rozwoju biogazowni rolniczych. Warszawa: ss. 26.

- Pabin J., Włodek S., Biskupski A. 2000. Plonowanie buraka cukrowego na czarnej ziemi w zależności od sposobu uprawy roli. *Pam. Puł.* 120: 341–348.
- Pittelkow U., Reich J., Werner D., Mäusezahl C. 1988. Ergebnisse zur Krumenbasislockerung auf Löss- und Berglehmsubstraten. *Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.* 32: 23–30.
- Podstawka-Chmielewska E., Kurus J. 2002. Wpływ późniwno-przedzimowej uprawy roli na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie. *Biul. IHAR* 222: 287–293.
- Podstawka-Chmielewska E., Malicki L. 1997. Wpływ intensywności uprawy roli oraz deszczowania na plonowanie buraka cukrowego na rędzinie. *Biul. IHAR* 202: 173–177.
- Trösch W., Weiland P. 1998. *Kofermentation*. Darmstadt: KTBL-Schriften-Vetrieb im Landwirtschaftsverl. (KTBL-Arbeitspapier 249): 9–16.

A. ARTYSZAK, D. GOZDOWSKI

**THE INFLUENCE OF THE DIVERSIFIED POSTHARVEST TILLAGE ON USEFULNESS
OF TWO SUGAR BEET VARIETIES FOR BIOGAS PRODUCTION**

Summary

The field experiment was conducted in year 2006–2008 in experimental station of Warsaw University of Life Sciences in Żelazna (Central Poland). The effect of four variants of postharvest tillage on yield of methane for leaves and roots as well total yield of methane was examined. The examined tillage variants had significant effects on yield of methane. The highest yield of methane from leaves and total yield of methane was obtained from plots with mustard. Yield of methane from roots was similar for all postharvest tillage variants, with exception of plots with subsoiling. The differences between yields of methane for two examined cultivars were not significant.