

## WPLYW NAWOŻENIA ODPADAMI POFERMENTACYJNYMI Z BIOGAZOWNI NA PODŁOŻE I JAKOŚĆ NAWIERZCHNI TRAWNIKA

TEODOR KITCZAK<sup>1</sup>

*Katedra Kształtowania Środowiska, Pracownia Łąkarstwa i Melioracji,  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin*

**Synopsis.** Celem badań było określenie wpływu odpadu z biogazowni wyprodukowanego z kiszonki z kukurydzy i ziarna zbóż, jako dodatku do podłoża pod dwie mieszanki trawnikowe, na ich zadarnienie, wygląd ogólny, skład botaniczny runi trawnikowej oraz produktywność ich masy nadziemnej. Doświadczenia trójczynnikiowe założone jesienią 2011 roku. Odpad z biogazowni stosowano doglebowo jesienią w dawce 30 t s.m. · ha<sup>-1</sup>. Drugim czynnikiem było zróżnicowanie nawożenia mineralnego azotem w dawce 0, 60 i 120 kg N · ha<sup>-1</sup>. Do oceny wartości nawozowej wykorzystano mieszanki trawnikowe M1 (kostrzewa czerwona – 40%, wiechlina łąkowa – 20% i życica trwała – 40%) oraz M2 (kostrzewa: trzcinowata – 40%, czerwona – 10% i owcza – 10% oraz życica trwała – 40%). Zastosowany doglebowo odpad z biogazowni w dawce 30 t · ha<sup>-1</sup> powietrznie suchej masy wpłynął, w porównaniu do obiektów nawożonych tylko nawozami mineralnymi, korzystnie na właściwości chemiczne gruntu rodzimego – piasku słabo gliniastego oraz aspekt ogólny, zadarnienie i stabilność składu florystycznego trawników. W badanych warunkach siedliskowych trawniki obsiane mieszanką M1 charakteryzowały się lepszymi parametrami niż trawniki obsiane mieszanką M2.

**Słowa kluczowe:** odpad z biogazowni, nawożenie azotem, mieszanki trawnikowe, zadarnienie, aspekt ogólny, skład botaniczny

### WSTĘP

Wzrastające zapotrzebowanie na energię oraz kurczące się zasoby paliw kopalnych poszukuje się innych źródeł energii. Jednym ze sposobów pozyskiwania energii jest przetwarzanie biomasy w biogazowniach. W wyniku fermentacji metanowej oprócz biogazu – jako produktu głównego – powstaje odpad pofermentacyjny [Jędrzejak 2008, Kouřimská i in. 2012]. Do wytwarzania biogazu wykorzystuje się odpady z produkcji zwierzęcej (gnojowica, gnojówka, obornik) i przemysłu spożywczego, rośliny energetyczne w postaci kiszzonek (z kukurydzy, żyta, traw łąkowych) oraz odpady z produkcji biopaliw [Głaszczka i in. 2011, Pawlak 2013, Romaniuk i Biskupska 2012]. Odpad pofermentacyjny jest bogaty w substancje odżywcze i dlatego może być wykorzystywana do celów nawozowych. Wprowadzenie do gleby tego wysokowartościowego produktu przyczyni się do poprawy jej zasobności w materię organiczną oraz dostarczy składników pokarmowych dla roślin czy mikroorganizmów glebowych. Musimy pamiętać, że nieracjonalne nawożenie gleby odpadem pofermentacyjnym może spowodować zaburzenie funkcjonowania ekosystemu glebowego, czego rezultatem może być zachwianie jej równowagi biologicznej [Barabasz i Voříšek 2002, Jezierska-Tys i Frąc 2008, Lośak i in. 2012, Kot i Frąc 2014, Kowalczyk-Juśko i Szymańska 2015]. Wykorzystanie masy pofermentacyjnej wymaga

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: Teodor.Kitczak@zut.edu.pl

przestrzegania wielu zaleceń, dotyczących dawki i terminów wykonywania zabiegu nawożenia, a także zapewnienia odpowiednich warunków jej przechowywania. W Polsce kwestie dotyczące rolniczego zagospodarowania mieszaniny pofermentacyjnej są regulowane przez ustawę z 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu u z późniejszymi zmianami [Ustawa... 2007].

Celem podjętych badań była ocena wpływu nawożenia gleby odpadem pofermentacyjnym z biogazowni rolniczej na zmiany składu florystycznego, zadarnienia i aspektu ogólnego runi trawnikowej oraz określenie jego przydatności do podniesienia wartości nawozowej podłoża.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na polu doświadczalnym Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa (hali wegetacyjnej), Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Doświadczenie założono w trzeciej dekadzie sierpnia 2011 roku, a wyniki prezentowane w pracy dotyczą lat pełnego użytkowania nawierzchni trawnikowych 2012–2015. Doświadczenie trzyczynnikowe o powierzchni 6 m<sup>2</sup> pojedynczego poletka, w czterech replikacjach, założono na glebie mineralnej – piasku słabo gliniastym (pochodzenia antropogenicznego). Badanymi czynnikami były:

- I czynnik – dwa poziomy doglebowego nawożenia pofermentem z biogazowni w dawkach (t·ha<sup>-1</sup>): 0, 30;
- II czynnik – trzy poziomy nawożenia azotem w dawkach (kg N·ha<sup>-1</sup>): 0, 60, 120;
- III czynnik – dwie mieszanki trawnikowe o składzie:
  - M1 (kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) – 40% + wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) – 20% + życica trwała (*Lolium perenne* L.) – 40%);
  - M2 (kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) – 10% + kostrzewa owcza (*Festuca ovina* L.) – 10% + kostrzewa trzcinowata (*Festuca arundinacea* Schreb.) – 40% + życica trwała (*Lolium perenne* L.) – 40%).

Przedsięwzięcie na poletkach zastosowano nawożenie mineralne: 60 kg P·ha<sup>-1</sup> oraz 100 kg K·ha<sup>-1</sup> oraz nawozem pofermentacyjnym w dawkach przewidzianych w I czynniku badań. W latach pełnego użytkowania, wiosną przed ruszeniem wegetacji stosowano jednorazowo nawozy PK w ilości: 60 kg P·ha<sup>-1</sup> oraz 100 kg K·ha<sup>-1</sup> oraz połową dawki nawożenia azotem – 30 i 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, drugą część dawki nawożenia azotem (w tej samej ilości) zastosowano w połowie okresu wegetacji, każdego roku prowadzenia badań.

Nasiona traw wysiewano stosując normę wysiewu 2 kg na 100 m<sup>2</sup>. Na badanych powierzchniach określano plon zielonej masy, na 1 m<sup>2</sup> powierzchni przy każdym terminie koszenia trawników. Skład florystyczny mieszanek trawnikowych określono metodą botaniczno-wagową.

Glebę i odpad z biogazowni (poferment) poddano analizom chemicznym, które obejmowały, określenie zawartości substancji organicznej metodą żarzenia. Odczyn badanej gleby i odpadu określono potencjometrycznie w zawieszynie wodnej i roztworze KCl, przy zachowaniu stosunku 1:2,5 (m/V), po 24 godzinnej samoczynnej ekstrakcji. Analizy chemiczne wykonano ogólnie przyjętymi metodami.

Odpad z biogazowni składał się z kiszonki z kukurydzy (96%) oraz kiszonki z ziarna żyta i jęczmienia (4%), o zawartości suchej masy 21,1%, w tym substancji organicznej 17,6%, pozostałe parametry podano w tabeli 1. Analizowany grunt rodzimy charakteryzował się średnią zawartością substancji organicznej, niską – azotu i fosforu oraz średnią – potasu. Dodatek odpadu z biogazowni przyczynił się do zwiększenia w podłożu zawartości masy organicznej, azotu, zawartości fosforu do poziomu średniego, a potasu – do wysokiego.

Tabela 1. Właściwości chemiczne odpadu z biogazowni, gleby i gleby z odpadem z biogazowni  
 Table 1. Chemical properties of biogas plant waste, soil and soil with biogas plant waste

Wyszczególnienie Specification	C organiczny/organic (g·kg <sup>-1</sup> )	N ogólny/total (g·kg <sup>-1</sup> )	S ogólna/total (mg·kg <sup>-1</sup> )	C:N	Substancja organiczna organic matter (%)	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	EC (μS cm <sup>-1</sup> )	P (g·kg <sup>-1</sup> )	K (g·kg <sup>-1</sup> )
Gleba bez dodatku The soil without addition	3,0	0,10	–	30:1	4,27	6,9	6,7	171	0,98	2,41
Odpad z biogazowni Waste from biogas plants	83,0	6,20	80,0	13,4:1	17,6	8,8	8,4	1318	12,2	3,68

Zawartość w podłożu z odpadem/Content in ground with waste (g·kg<sup>-1</sup>): P – 2,74; K – 3,37

Wyniki badań produktywności nawierzchni trawników poddano obliczeniom statystycznym, wykorzystując klasyczną analizę wariancji z wykorzystaniem programu AWAR 5.1 (wg F. Rudnickiego), a istotność zróżnicowania wyników określano wykorzystując test Tukeya, na poziomie  $p=0,05$ .

Ilość opadów i rozkład temperatury, są jednymi z najważniejszymi czynnikami modyfikującymi rozwój roślin, a przez to i ich plon. Dane meteorologiczne dla Szczecina dla lat 2011–2015 i w wieloleciu 1980–2008 (tab. 2) wskazują na zróżnicowanie temperatur powietrza i ilości opadów atmosferycznych w trakcie prowadzenia badań. Średnia temperatura powietrza i ilość opadów atmosferycznych w całym okresie wegetacyjnym w latach badań były wyższe niż w analogicznym okresie w wieloleciu.

W latach badań najcieplejszymi były rok 2014 i 2013, w których średnia temperatura powietrza w okresie wzrostu roślin wynosiła 16,7 i 16,4°C, które to wartości przewyższały średnią wartość z wielolecia. Najcieplejszymi miesiącami w roku 2014 były miesiące lipiec, sierpień i wrzesień, a w roku 2013 czerwiec i lipiec, w których średnie temperatury były zdecydowanie wyższe niż średnie za ten sam okres w wieloleciu.

W latach prowadzenia badań największą ilość opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym roślin odnotowano w roku 2011 i 2012. W latach 2015, 2014 i 2013 sumy opadów w okresie wegetacji wynosiły odpowiednio 283,6; 339,3 i 343,8 mm i były niższe o 54,3; 19,7 i 15,2 mm niż w analogicznym okresie z wielolecia.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Najliczniejsze wschody traw (347 rośliny na 1 m<sup>2</sup>), oceniane po 30 dniach od siewu, stwierdzono na obiekcie kontrolnym, gdzie nie stosowano odpadu z biogazowni (pofermentu). Wprowadzenie do podłoża pofermentu, wpłynęło ujemnie na wschody, a obsada roślin, w porównaniu do kontroli, była mniejsza średnio o 18,2%. Z badanych mieszanek wyróżniała się mieszanka

Tabela 2. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza (°C) i miesięczne sumy opadów atmosferycznych (mm) w latach 2011–2015 na tle wielolecia 1980–2008 (Szczecin)

Table 2. Monthly air temperature means (°C) and monthly sum of precipitation (mm) in 2011–2015 compared to the years 1980–2008 (Szczecin)

Miesiąc Month	Lata/Years					
	2011	2012	2013	2014	2015	1998–2008
Temperatura/Temperature (°C)						
I	0,7	1,5	-3,5	-0,5	1,1	-1,1
II	-0,9	-2,3	4,0	1,7	0,0	-0,3
III	3,9	6,3	3,5	6,4	3,9	2,8
IV	11,9	8,8	11,4	11,1	9,7	7,4
V	14,3	15,5	17,5	14,0	11,9	12,7
VI	18,2	16,2	20,3	16,9	14,5	16,0
VII	17,7	18,6	21,2	21,8	17,6	17,6
VIII	18,3	18,1	18,5	21,5	20,1	17,2
IX	14,9	14,5	14,8	20,2	13,0	13,3
X	9,5	8,7	11,1	11,1	7,3	8,8
XI	4,1	5,1	5,2	6,2	5,6	3,8
XII	3,9	-0,7	3,0	2,0	5,3	0,4
Rok/Year	9,7	9,2	10,6	11,0	9,2	9,4
IV–X	15,0	14,3	16,4	16,7	13,4	3,3
Opady/Precipitation (mm)						
I	31,0	64,7	64,5	4,4	73,4	35,0
II	33,4	41,1	26,1	3,4	4,5	26,0
III	23,9	18,0	20,9	8,0	39,1	34,0
IV	12,5	32,4	26,8	10,8	14,3	38,0
V	27,9	21,1	62,8	99,5	37,7	52,0
VI	44,8	45,8	81,9	43,2	56,9	62,0
VII	148,5	103,4	65,5	63,7	77,0	67,0
VIII	57,7	90,2	30,1	28,8	28,3	54,0
IX	52,2	25,1	43,0	59,3	39,7	47,0
X	37,9	53,5	33,7	34,0	29,7	39,0
XI	1,0	40,5	42,6	18,6	63,0	41,0
XII	70,8	39,1	61,9	14,1	46,5	41,0
Rok/Year	541,6	574,9	559,8	387,8	510,1	559,2
IV–X	381,5	371,5	343,8	339,3	283,6	359,0

M2 (z udziałem: kostrzewy trzcinowatej, czerwonej i owczej oraz życicy trwałej), u której obsada po wschodach była większa o 16,4% niż na obiektach z mieszanką M1 (kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej). Układ wyników o zróżnicowanej obsadzie wschodów roślin mieszanek trawnikowych uzyskał w swoich badaniach Kitzak i Czyż [2011] stosując do podłoża osad komunalny, a wschody roślin mieszanki z udziałem wiechliny łąkowej były niższe niż mieszanki bez jej udziału.

W ocenie trawników ważny jest stan ich zadarnienia i ogólny aspekt (wygląd), pokrój i barwa liści [Domański 2002, Prończuk i Prończuk 2003, Shildrick 1992, Smith i in. 1993]. Zadarnienie powierzchni trawnikowych w latach pełnego użytkowania (2012–2015) było zróżnicowane między obiektami badań (tab. 3). Na wszystkich podłożach stwierdzono lepsze zadarnienie na powierzchniach obsianych mieszanką M1 (kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej) o średnio z lat badań o 5,4% niż mieszanką M2 (z udziałem: kostrzewy trzcinowatej, czerwonej i owczej oraz życicy trwałej). Zastosowanie do podłoża odpadu z biogazowni miało korzystny wpływ na zadarnienie powierzchni zwiększając go średnio o 6,6%. Oceniając zastosowanie nawożenia azotem na nawierzchnie trawników stwierdzono, że w latach badań jego dawka 60 kg·ha<sup>-1</sup> poprawiała ten parametr o 7,5%, a podwojenie dawki azotu (120 kg) o 13,8% w porównaniu do powierzchni nie nawożonych azotem. W badaniach prowadzonych przez Czyż i Kitzaka [2007] na gruncie bezglebowym z dodatkiem masy organicznej stwierdzono korzystny wpływ masy organicznej do zwiększenia stopnia zadarnienia powierzchni trawnikowych, natomiast w dalszych latach uzyskane wyniki na obiektach nawożonych tylko mineralnie były porównywalne do obiektów dodatkowo wzbogaconych masą organiczną. Nie potwierdzają tego uzyskane wyniki badań własnych, gdzie przez cały okres badań wyższe zadarnienie powierzchni uzyskano na obiektach z zastosowaniem do podłoża odpadu z biogazowni.

Ocena wyglądu ogólnego (aspektu ogólnego) badanych trawników wskazuje, że zastosowane czynniki badań powodowały ich zróżnicowanie (tab. 3). Zastosowanie do podłoża odpadu pofermentacyjnego podnosiło wartość trawników średnio o 5,7% w porównaniu do wartości uzyskanych na obiektach bez jego dodatku. Aspekt ogólny trawników zwiększał się również po zastosowaniu nawożenia mineralnego azotem, powodując poprawę ich wyglądu o 4,6% po nawożeniu dawką 60 kg N·ha<sup>-1</sup> oraz o 8,6% po nawożeniu 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, w porównaniu do obiektów nienawożonych azotem. Ocena aspektu ogólnego badanych mieszanek wskazuje, że korzystniejsze oceny uzyskała mieszanka M1 (kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej), której wartości były średnio z lat badań o 6,1% wyższe niż mieszanka M2 (z udziałem: kostrzewy trzcinowatej, czerwonej i owczej oraz życicy trwałej). Wygląd ogólny trawników w latach badań był najwyższy w trzecim roku pełnego użytkowania, następnie w czwartym, drugim, a najniższe oceny uzyskano w pierwszym roku użytkowania.

Analizując skład florystyczny trawników w latach badań należy stwierdzić, że na obiektach z mieszanką M1 (z udziałem – kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej), był on stabilny i zbliżony do siebie w latach badań i rodzaju podłoża (tab. 4). Natomiast skład florystyczny mieszanki M2 (z udziałem: kostrzewy trzcinowatej, czerwonej i owczej oraz życicy trwałej) był stabilniejszy na obiektach gdzie do podłoża zastosowano odpad z biogazowni. Ocena składu florystycznego badanych mieszanek wskazuje, że w pierwszych latach użytkowania w obu mieszankach dominującym gatunkiem była życica trwała, która największy swój udział miała na obiektach z odpadem z biogazowni w podłożu i wyższej dawce nawożenia azotem, a jej udział wynosił od 46,3 do 50,2% niezależnie od zastosowanych w badaniach czynników przy planowanym jej udziale w mieszankach 40%. W czwartym roku badań udział życicy trwałej w mieszankach zmniejszył się do 32,7–37,4%. W mieszance M1 do wartości pierwotnie

Tabela 3. Wpływ nawożenia odpadem z biogazowni i azotem na zadarnienie i aspekt ogólny runi mieszanek trawnikowych (skala 1–9)

Table 3. The effect of fertilization from biogas and waste nitrogen for sodding and the general aspect of lawn turf compound (scale 1–9)

Mieszanek Mixture	Dawka odpadu Dose of waste (t·ha <sup>-1</sup> )	Dawka N Dose of N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Lata/Years				Średnia Mean	
			2012	2013	2014	2015		
Zadarnienie/Sodding								
M 1	0	0	5,5	5,8	6,2	6,0	5,9	
		60	6,0	6,5	7,0	6,7	6,6	
		120	6,5	7,0	7,2	6,8	6,9	
		Średnia/Mean	6,0	6,4	6,8	6,5	6,4	
	30	0	6,0	6,4	6,8	6,5	6,4	
		60	6,5	6,8	7,2	7,0	6,9	
		120	7,0	7,5	7,8	7,3	7,4	
		Średnia/Mean	6,5	6,9	7,3	6,9	6,9	
	Średnia/Mean			6,3	6,7	7,0	6,7	6,7
	M 2	0	0	5,0	6,0	6,3	6,0	5,8
60			5,5	6,0	6,5	6,4	6,1	
120			6,0	6,5	6,8	6,5	6,5	
Średnia/Mean			5,5	6,2	6,5	6,3	6,1	
30		0	5,5	6,0	6,5	6,4	6,1	
		60	6,0	6,5	7,0	6,6	6,5	
		120	6,5	6,8	7,3	6,8	6,9	
		Średnia/Mean	6,0	6,4	6,9	6,6	6,5	
Średnia Mean			5,8	6,3	6,7	6,5	6,3	
Aspekt ogólny/General aspect								
M 1	0	0	6,0	6,5	7,0	6,8	6,6	
		60	6,3	6,5	6,8	6,7	6,6	
		120	6,5	7,0	7,2	6,8	6,9	
		Średnia/Mean	6,3	6,7	7,0	6,8	6,7	
	30	0	6,5	6,7	7,2	6,7	6,8	
		60	7,0	7,2	7,6	7,2	7,3	
		120	7,2	7,5	7,8	7,3	7,5	
		Średnia/Mean	6,9	7,1	7,5	7,1	7,2	
	Średnia/Mean			6,6	6,9	7,3	6,9	6,9
	M 2	0	0	5,7	6,0	6,3	6,0	6,0
60			6,0	6,3	6,8	6,6	6,4	
120			6,5	6,5	7,0	6,7	6,7	
Średnia/Mean			6,1	6,3	6,7	6,4	6,4	
30		0	6,0	6,3	6,7	6,4	6,4	
		60	6,4	6,5	7,0	6,6	6,6	
		120	6,7	6,8	7,3	6,8	6,9	
		Średnia/Mean	6,4	6,5	7,0	6,6	6,6	
Średnia/Mean			6,2	6,4	6,9	6,5	6,5	

M1: *Festuca rubra* L. – 40% + *Poa pratensis* L. – 20% + *Lolium perenne* L. – 40%;M2: *Festuca rubra* L.) – 10% + *Festuca ovina* L. – 10% + *Festuca arundinacea* Schreb. – 40% + *Lolium perenne* L.) – 40%

Tabela 4. Wpływ nawożenia odpadem z biogazowni i azotem na skład florystyczny runi mieszanek trawnikowych (%)

Table 4. The effect of fertilization with biogas plant waste and nitrogen on the floristic composition of sward lawn mixture (%)

Gatunki Species	Dawka odpadu Dose of waste (t·ha <sup>-1</sup> )	Dawka N Dose of N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Lata/Years			
			2012	2013	2014	2015
M 1						
<i>Festuca rubra</i> (40%)	0	0	34,2	35,6	40,2	41,1
		60	35,4	36,1	38,8	42,1
		120	33,1	37,2	38,4	40,6
	30	0	35,8	37,7	41,2	39,3
		60	34,5	35,4	38,2	38,2
		120	32,2	36,3	37,4	36,1
<i>Poa pratensis</i> (20%)	0	0	15,4	17,1	18,3	21,8
		60	16,2	17,8	19,2	21,3
		120	16,6	18,4	19,4	21,3
	30	0	16,2	16,9	18,7	21,4
		60	17,2	17,8	20,2	21,8
		120	17,6	18,3	20,4	23,1
<i>Lolium perenne</i> (40%)	0	0	50,4	47,2	39,7	32,7
		60	48,4	45,4	40,6	33,4
		120	49,8	43,5	41,6	34,3
	30	0	47,8	45,2	38,6	35,3
		60	48,2	46,6	40,4	36,2
		120	50,2	48,3	41,1	37,4
M 2						
<i>Festuca arundinacea</i> (40%)	0	0	37,8	36,7	40,1	42,1
		60	35,7	38,4	38,0	41,2
		120	31,8	37,5	37,3	40,6
	30	0	38,8	40,8	39,6	41,6
		60	36,9	37,5	40,7	41,5
		120	33,3	35,5	38,4	41,6
<i>Festuca ovina</i> (10%)	0	0	6,2	6,4	7,2	8,3
		60	6,5	6,8	7,4	8,4
		120	7,4	7,2	7,6	8,8
	30	0	6,6	7,1	7,8	8,4
		60	7,3	7,6	7,9	8,5
		120	7,6	7,6	8,6	8,7
<i>Festuca rubra</i> (10%)	0	0	9,6	8,2	8,4	10,3
		60	8,1	8,9	9,2	10,8
		120	8,7	9,4	10,3	11,2
	30	0	8,3	9,6	10,4	10,8
		60	8,6	9,4	10,3	10,4
		120	9,7	10,3	10,5	10,8
<i>Lolium perenne</i> (40%)	0	0	46,3	43,6	40,6	34,4
		60	49,7	44,7	42,1	35,4
		120	52,1	45,6	42,7	36,2
	30	0	46,3	42,3	38,1	36,3
		60	47,1	44,2	39,2	37,4
		120	49,4	46,6	41,1	36,8

M1, M2 – oznaczenia jak w tabeli 3/explanation in table 3

\* brakujący procent to inne gatunki/missing percentage are other species: *Trifolium repens*, *Chenopodium album*, *Medicago lupulina*, *Elymus repens*, *Polygonum aviculare*, *Bromus mollis*, *Poa annua*



zakładanych wzrósł udział kostrzewy czerwonej i wiechliny łąkowej, a w mieszance M2 kostrzewy trzcinowatej i czerwonej. Udział kostrzewy owczej w mieszance M2 utrzymywał się na dość stabilnym poziomie w latach badań. W kolejnych latach badań zwiększał się udział gatunków niewysiewanych w mieszankach do ilości 4,4% w czwartym roku badań. Należy zaznaczyć, że większy udział gatunków obcych w runi trawników występował na obiektach nienawożonych azotem i bez udziału pofermentu w podłożu.

W badaniach własnych Czyż i Kitczak [2007] stwierdzili, że *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea* i *Poa pratensis*, odznaczają się w runi dużą regeneracją i trwałością na podłożach z różną koncentracją masy organicznej. Podobne wyniki dotyczące składu gatunkowego trawników uzyskała także Marks i in. [2005] stwierdzając dominujący udział w runi wiechliny łąkowej, kostrzewy czerwonej i życicy trwałej oraz występowanie w niewielkiej ilości roślin dwuliściennych, które nie wpłynęły ujemnie na walory estetyczne trawników.

Analiza wyników badań dotyczących masy nadziemnej mieszanek trawnikowych wykazała, że zastosowane czynniki różnie wpływały na produktywności ich runi (tab. 5).

Zastosowany do podłoża odpad z biogazowni niezależnie od innych czynników badań i lat użytkowania przyczynił się do zwiększenia masy nadziemnej trawników średnio o 9,5% w porównaniu do obiektów gdzie nie stosowano odpadu. Przy czym wyraźnie większą produktywnością masy nadziemnej pod wpływem zastosowanego odpadu wykazała mieszanka M2 z udziałem: kostrzewy trzcinowatej, czerwonej i owczej oraz życicy trwałej zwiększając ją o 11,5% w porównaniu do obiektów bez udziału odpadu w podłożu. Mieszanka M1 z udziałem – kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej również pozytywnie zareagowała na udział odpadu z biogazowni w podłożu, a wzrost masy nadziemnej wyniósł średnio 7,4%.

Zastosowanie dawki nawożenia azotem (w ilości 60 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> rocznie) przyczyniło się do zwiększenia masy nadziemnej trawników średnio z lat badań odpowiednio o 44,3 i 109,2% w porównaniu do obiektów nienawożonych azotem (tab. 5). Przy czym jak wykazały uzyskane wyniki badań obydwie mieszanki, charakteryzowały się podobną reakcją na dawkę zastosowanego nawożenia azotem, a wzrost ich masy po nawożeniu 60 kg N·ha<sup>-1</sup> wynosił odpowiednio (dla mieszanki M1 i M2) o 47,1 i 42,3%, natomiast przy dawce 120 kg N·ha<sup>-1</sup> – 119,1 i 102,2%.

Plon masy nadziemnej ocenianych mieszanek był zróżnicowany, a z punktu widzenia nawierzchni trawnikowych, korzystniejszą pod tym względem okazała się mieszanka M1 o składzie wyjściowym – kostrzewy czerwonej, wiechliny łąkowej i życicy trwałej, której plon był średnio o 34,4% niższy od plonu mieszanki M2 z udziałem: kostrzewy trzcinowatej, czerwonej i owczej oraz życicy trwałej (tab. 5).

Oceniając plon zielonej masy nawierzchni trawnikowych w latach badań należy stwierdzić, że był on dość wyrównany, mimo zróżnicowanych warunków pogodowych w latach badań (tab. 2). Nieznacznie wyższą produktywnością nadziemnej biomasy charakteryzowała się run trawników w drugim roku pełnego użytkowania (2013), w którym rośliny wytworzyły o 6,6% plon wyższy niż w pierwszym roku oceny (2012). Najniżej plonowały rośliny w czwartym roku oceny. Czyż i Kitczak [2007] oraz Kitczak i Czyż [2009] stwierdzili w swoich badaniach, że mieszanki trawnikowe odznaczają się dużą trwałością i stabilnością udziału w szacie roślinnej trawników na podłożach wzbogaconych masą organiczną.

## WNIOSKI

1. Zastosowany doglebowo odpad z biogazowni w dawce 30 t·ha<sup>-1</sup> powietrznie suchej masy wpłynął, w porównaniu do obiektów nawożonych tylko nawozami mineralnymi, korzystnie na właściwości chemiczne gruntu rodzimego – piasku słabo gliniastego oraz aspekt ogólny, zadarnienie i stabilność składu florystycznego trawników.



Tabela 5. Wpływ nawożenia odpadem z biogazowni i azotem na produktywność masy nadziemnej mieszanki trawnikowych ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )Table 5. Effect of fertilization waste from biogas plants and nitrogen on productivity mass of above-ground lawn mixture ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )

Rok Year	Mieszanka Mixture	Dawka odpadu Dose of waste ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Dawka N/Dose of N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			
			0	60	120	Średnia Mean
2012	M1	0	2,05	3,09	5,03	3,39
		30	2,44	3,08	4,33	3,28
		Średnia/Mean	2,25	3,09	4,68	3,34
	M2	0	3,02	4,49	6,26	4,59
		30	3,61	4,69	7,19	5,16
		Średnia/Mean	3,32	4,59	6,73	4,88
Średnia/Mean		2,40	2,78	3,84	5,70	
2013	M1	0	2,17	3,24	5,51	3,64
		30	2,58	3,31	4,86	3,58
		Średnia/Mean	2,38	3,28	5,19	3,61
	M2	0	3,18	4,96	6,75	4,96
		30	3,66	5,08	7,23	5,32
		Średnia/Mean	3,42	5,02	6,99	5,14
Średnia/Mean		2,64	2,90	4,15	6,09	
2014	M1	0	2,08	3,20	5,06	3,45
		30	2,57	4,06	5,52	4,05
		Średnia/Mean	2,33	3,63	5,29	3,75
	M2	0	2,89	4,29	6,25	4,48
		30	3,58	4,80	6,77	5,05
		Średnia/Mean	3,24	4,55	6,51	4,76
Średnia/Mean		2,41	2,78	4,09	5,90	
2015	M1	0	1,87	2,85	4,29	3,00
		30	2,25	3,59	4,79	3,54
		Średnia/Mean	2,06	3,22	4,54	3,27
	M2	0	2,43	3,58	5,18	3,73
		30	2,98	4,16	5,63	4,26
		Średnia/Mean	2,71	3,87	5,41	3,99
Średnia/Mean		2,05	2,38	3,55	4,97	
2012–2015	M1	0	2,04	3,10	4,97	3,37
		30	2,46	3,51	4,88	3,62
		Średnia/Mean	2,25	3,31	4,93	3,49
	M2	0	2,88	4,33	6,11	4,44
		30	3,46	4,68	6,70	4,95
		Średnia/Mean	3,17	4,51	6,41	4,69
	Średnia/Mean	0	2,46	3,72	5,54	3,91
		30	2,96	4,10	5,79	4,28
Średnia/Mean		2,71	3,91	5,67	–	

NIR<sub>0,05</sub>/LSD<sub>0,05</sub>:  
Dawka odpadu/Dose of waste: 2012 = 0,23; 2013 = 0,05; 2014 = 0,18; 2015 = 0,24; 2012–2015 = 0,15  
Dawka N/Dose of N: 2012 = 0,33; 2013 = 0,10; 2014 = 0,12; 2015 = 0,08; 2012–2015 = 0,17  
Mieszanka/Mixture: 2012 = 0,16; 2013 = 0,06; 2014 = 0,06; 2015 = 0,06; 2012–2015 = 0,13

2. W badanych warunkach siedliskowych trawniki obsiane mieszanką M1 charakteryzowały się lepszymi parametrami niż trawniki obsiane mieszanką M2.
3. Zastosowane mieszanki i zastosowane poziomy ich nawożenia (doglebowego – odpad z biogazowni i mineralnego) zapewniały w badanych latach dużą stabilność składu florystycznego, zadarnienie i aspektu ogólnego, co świadczy o ich przydatności na nawierzchnie trawnikowe.

### PIŚMIENNICTWO

- Barabasz W., Voříšek K. 2002. Bioróżnorodność mikroorganizmów w środowiskach glebowych. W: Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach. Pr. zb. Barabasz W. (red. ). Wyd. AR Kraków: 22–30.
- Czyż H., Kitczak T. 2007. Przydatność mieszanek trawiastych do rekultywacji gruntów bezglebowych. Zesz. Nauk. Uniwersytet Zielonogórski 133, Ser. Inż. Środ. 13: 68–75.
- Czyż H., Rogalski M., Gos A., Kitczak T. 2003. Biologiczna rekultywacja hałd popioło-żużli. W: Człowiek i Środowisko Przyrodnicze Pomorza Zachodniego. Rogalska S., Domagała J. (red.). Oficyna IN PLUS: 72–75.
- Domański P. 2002. Gatunki i odmiany traw w mieszankach na trawniki i boiska sportowe. Przegląd Nauk. 11(1): 83–105.
- Głazczka A., Wardal W.J., Romaniuk W., Domasiewicz T. 2011. Biogazownie rolnicze. Technologie energii odnawialnej. Wyd. Multico, Warszawa, ss. 84.
- Grabowski K., Grzegorzczak S., Benedycki S., Kwietniewski H. 1999. Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu nawierzchni trawiastych. Folia Univ. Agric. Stetin. 197, Agricultura 75: 81–88.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M. 2008. Badania nad wpływem osadu z oczyszczalni ścieków mleczarskich na aktywność mikrobiologiczną i biochemiczną gleby. Acta Agrophys., Rozpr. Monogr. 3(160): 81–91.
- Jędrzak A. 2008. Biologiczne przetwarzanie odpadów. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 544.
- Kitczak T., Czyż H. 2009. Przydatność osadów komunalnych i mieszanek trawnikowych do zadarniania gruntów bezglebowych. Roczn. Ochr. Środ. 11, Cz. 1: 465–472.
- Kot A., Frąc M. 2014. Metody wykorzystywane w ocenie oddziaływania odpadów organicznych na aktywność mikrobiologiczną gleby. Post. Mikrobiol. 53(2): 183–193.
- Kouřimská L., Poustková I., Babička L. 2012. The use of digestate as a replacement of mineral fertilizers for vegetables growing. Scientia Agric. Bohemica 43: 121–126.
- Kowalczyk-Juško A., Szymańska M. 2015. Poferment nawozem dla rolnictwa. Wyd. FDPA Warszawa, ss. 60.
- Lošák T., Musilova L., Zatloukalova A., Szostkova M., Hlušek J., Fryč J., Vítěz T., Haitl M., Bennewitz E., Martensson A. 2012. Digestate is equal or a better alternative to mineral fertilization of Kohlrabi. Acta Univ. Agric. Silviculturae Mendelianae Brunensis 1: 91–96.
- Marks E., Młynarczyk K., Połucha I., Jaszczak A. 2005. Ocena stanu trawników ozdobnych i rekreacyjnych w wybranych gospodarstwach agroturystycznych Polski północno-wschodniej. Łąkarstwo w Polsce/Grassl. Sci. Poland 8: 283–287.
- Murzyński J., Górecki H., Hoffman J., Pawełczyk A., Karleszko P. 1994. Doświadczenie polowe w produkcji i stosowaniu nawozów mineralno-organicznych. Prace Nauk. TTN i NM Politechnika Wrocławska 40(22): 33–39.
- Pawlak J. 2013. Biogaz z rolnictwa – korzyści i bariery. Probl. Inż. Rol. 3(81): 99–108.
- Prończuk S., 1993. System oceny traw gazonowych. Biul. IHAR, 186: 127–132.
- Prończuk S., Prończuk M., 2003. Zmienność cech u odmian *Poa pratensis* w umiarkowanym intensywnym użytkowaniu trawnikowym. Biul. IHAR 225: 265–276.

Romaniuk W., Biskupska K. 2012. Rozwiązania instalacji biogazowych dla gospodarstw rodzinnych. *Probl. Inż. Rol.* 2(76): 149–159.

Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. 2007 nr 147 poz. 1033.

T. KITCZAK

## EFFECT OF FERTILIZATION WITH POFERMENTAL WASTE FROM A BIOGAS PLANT ON THE SUBSTRATE AND LAWN SURFACE QUALITY

### Summary

In biogas plants, the main product is electricity, but to obtain it you need raw materials from which biogas is produced, and after their use remains a significant amount of waste that needs to be managed annually. Biogas plant waste is a rich source of organic and mineral components necessary for plants. To this end, research was carried out to assess the impact of biogas plant waste produced from maize silage and cereal grain, as an addition to the substrate for two lawn mixes, on their sodding, general appearance, botanical composition of lawn sward and the productivity of their aboveground mass. Three-factor experiments established in autumn 2011 in a system of randomized subblocks, on 6 m<sup>2</sup> plots in four replications. Waste from biogas plants was used in soil in the autumn in a dose of 30 t DS·ha<sup>-1</sup>, which quantity was mixed with a 10 cm layer of soil. The second factor was the diversity of mineral fertilization with nitrogen at a dose of 0, 60 and 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. To assess the fertilizer value, lawn mixes M1 (red fescue – 40%, meadow grass – 20% and perennial ryegrass – 40%) and M2 (fescue: reed – 40%, red – 10% and sheep – 10% and ryegrass) were used permanent – 40%). In the year of establishment of the experiment, no mineral fertilization was used. In subsequent years of conducting the experiment (2012–2015), all plots used mineral fertilizers in doses: 60 and 120 kg N (30 and 60 kg in early spring and 30 and 60 kg in the third decade of June), 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 80 kg K<sub>2</sub>O – early spring. The soil applied waste from a biogas plant at a dose of 30 t·ha<sup>-1</sup> air dry matter had, compared to objects fertilized only with mineral fertilizers, a favorable effect on the chemical properties of native soil – weakly loamy sand as well as the general aspect, sodding and stability of the floristic composition of lawns. In the studied habitat conditions, lawns sown with the M1 mixture were characterized by better parameters than lawns sown with the M2 mixture. The mixtures used and the levels of their fertilization (soil – biogas and mineral waste) provided in the analyzed years provided high stability of the floristic composition, sodding and general aspect, which proves their usefulness on lawn surfaces.

**Key words:** biogas plant waste, nitrogen fertilization, lawn mixture, sodding, general aspect, botanical composition

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 16.12.2019

Do cytowania – *For citation*

Kitczak T. 2019. Wpływ nawożenia odpadami pofermentacyjnymi z biogazowni na podłoże i jakość nawierzchni trawnika. *Fragm. Agron.* 36(4): 67–77.