

WPLYW NAWOŻENIA POPIOŁEM Z BIOMASY DRZEW IGLASTYCH
ORAZ OSADEM ŚCIEKOWYM NA WYBRANE SKŁADNIKI ODŻYWCZE
BULW TOPINAMBURU (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.)

*Wioletta Biel*¹, *Anna Jaroszevska*², *Anita Zapalowska*³, *Ewelina Łyson*¹,
*Grzegorz Hury*²

¹Katedra Hodowli Trzody Chlewniej, Żywienia Zwierząt i Żywności
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Judyma 10, 71-460 Szczecin

²Katedra Agronomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin

³Zakład Technologii Bioenergetycznych, Uniwersytet Rzeszowski
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów
e-mail: anna.jaroszevska@zut.edu.pl

Streszczenie. Celem pracy była ocena wpływu nawożenia popiołem z biomasy drzew iglastych oraz osadem ściekowym na wybrane składniki odżywcze bulw topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Doświadczenie polowe przeprowadzono w Ujkowicach koło Przemyśla. Pierwszym czynnikiem były cztery poziomy nawożenia popiołem z drzew iglastych: 0 – obiekt kontrolny, bez nawożenia; I – 15 kg; II – 30 kg; III – 45 kg na poletko 35 m². Drugi czynnik stanowiły dwa poziomy nawożenia osadem ściekowym: 0 – obiekt kontrolny, bez osadu; 1 – 30,3 t·ha⁻¹. Trzecim czynnikiem były odmiany topinamburu: ‘Gigant’ i ‘Albik’. W próbach bulw pochodzących z dwóch kolejnych lat zbiorów (2015, 2016) badano zawartości suchej masy, białka surowego oraz popiołu surowego. Zastosowane w doświadczeniu nawożenie popiołem z biomasy i osadem ściekowym istotnie różnicowały skład chemiczny bulw dwóch odmian topinamburu. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem dawki popiołu z biomasy istotnie rosła zawartość suchej masy, białka i popiołu surowego w bulwach topinamburu. Nawożenie osadem ściekowym istotnie zmniejszyło koncentrację suchej masy i białka surowego w badanych bulwach. W bulwach zebranych z poletek nawożonych osadem ściekowym było wyraźnie więcej popiołu surowego. Korzystniejszym składem chemicznym charakteryzowały się bulwy odmiany ‘Gigant’.

Słowa kluczowe: białko surowe, nawożenie, odmiana ‘Albik’, odmiana ‘Gigant’, osad ściekowy, popiół surowy, popiół z biomasy, słończnik bulwiasty, sucha masa

WSTĘP

Słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.), zwany też karczochem jerozolimskim oraz popularnie – topinamburem, to blisko spokrewniona ze słonecznikiem zwyczajnym (*Helianthus annuus* L.) roślina uprawna należąca do rodziny astrowatych (*Asteraceae*). Topinambur nie ma dużych wymagań – jest odporny na mróz i okresowe susze, a plony może również dawać na ubogich glebach (Cieślik i Gębusia 2011). Topinambur, podobnie jak inne rośliny okopowe, najlepiej rozwija się na glebach średnio zwięzłych, przewiewnych, o dużej zasobności składników pokarmowych i dostatecznej wilgotności, o pH powyżej 5,5. Ze względu na zapas wody i asymilatów w bulwach topinambur bardzo dobrze rośnie na przykład na podłożu z wapna poflotacyjnego, którego stosowanie korzystnie wpływa na przyrost masy roślin na wzrastające dawki osadów ściekowych i nawozów azotowych (Klimont i Góral 2001, Klimont 2004, Klimont i Bulińska-Radomska 2008). Duża odporność topinamburu na wysokie i niskie temperatury, niewielkie wymagania glebowe, jak również wysoka odporność na choroby i szkodniki, a także bardzo wysoki potencjał produkcyjny sprawiają, że słonecznik bulwiasty może być rośliną konkurencyjną dla innych roślin pastewnych i przemysłowych. Doskonale nadaje się on do wszechstronnego użytkowania dla celów: energetycznych, paszowych, spożywczych, leczniczych i rekultywacyjnych (Majtkowski 2006, Marien 2011, Zhang i in. 2011). Zainteresowanie bulwami *Helianthus tuberosus* L., przeznaczonymi do spożycia przez ludzi i zwierzęta wynika z zawartości w nich m.in.: białka, niezbędnych aminokwasów, inuliny, fruktooligosacharydów, charakteryzujących się właściwościami probiotycznymi fruktozy, związków mineralnych, witamin, flawonoidów i fitosteroli (Pan i in. 2009, Slimestad i in. 2010, Takeuchi i Nagashima 2011, Yuan i in. 2012, Mystkowska i in. 2015). Topinambur stanowił jedno z pierwszych źródeł pożywienia dla ludzi i zwierząt (Chekroun i in. 1996). W ochronie środowiska nadaje się on do rekultywacji zwałowisk kopalni odkrywkowych oraz osadników ścieków przemysłowych i komunalnych, a także do zazieleniania starych i użytkowanych wysypisk śmieci (Ostrowska 2004). Ze względu na znaczne zapotrzebowanie na azot, potas i wodę roślina ta może być stosowana jako filtr biologiczny wód i ścieków zawierających duże ilości tych składników, a także metali ciężkich (Cieślik i Filipiak-Florkiewicz 2000).

Do uprawy topinamburu można wykorzystać zasobne w mikro- i makroskładniki popioły powstające w termicznych procesach przekształcania biomasy, której obecny udział w bilansie energetycznym jest znaczny. Deponowanie ich na składowiskach nie do końca rozwiązuje problem właściwego zagospodarowania. Uzupełniając niedobory pierwiastków i związków w glebie, popioły stwarzają roślinie odpowiednie warunki rozwoju. Zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju błędem środowiskowym jest kierowanie ich na składowisko odpadów

w sytuacji, gdy cenne składniki mogą być ponownie wykorzystane do nawożenia roślin i poprawy właściwości gleby. Możliwość wykorzystania popiołów z biomasy daje szansę zaistnienia nowym substancjom nawozowym w miejsce droższych konwencjonalnych nawozów organiczno-mineralnych. Przeznaczając popioły z biomasy do celów nawozowych, spełniana jest zasada zrównoważonego rozwoju poprzez zachowanie obiegu składników pokarmowych i zamknięcie ich obiegu w całym ekosystemie. Wykorzystanie popiołów musi być zgodne z warunkami określonymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. 2002 r. nr 165 poz. 1359). Zgodnie z nim odpady należy wprowadzać do gleb, w których nie są przekroczone wartości dopuszczalne stężenia substancji szkodliwych. Kolejną alternatywną formę nawożenia roślin uprawnych w rolnictwie mogą stanowić osady ściekowe, zwłaszcza pochodzące z małych i średnich oczyszczalni ścieków, produkujących osady charakteryzujące się umiarkowanym bądź niskim stopniem zanieczyszczenia metalami. Takie wykorzystanie osadu ściekowego determinowane jest dopuszczalnymi zawartościami pierwiastków śladowych zarówno w osadzie ściekowym, jak i samej glebie (Dz. U. 2015 r. nr 0 poz. 257), co warunkuje bezpieczny poziom dopływu potencjalnie toksycznych pierwiastków śladowych do gleby, a z drugiej strony kształtuje potencjał sekwestracyjny egzogenicznej materii organicznej w glebie, jak również wpływa pozytywnie na wzrost i plonowanie roślin uprawnych (Urbaniak i in. 2014).

Mając powyższe na uwadze, przeprowadzono badania, których celem była ocena wpływu nawożenia popiołem z biomasy drzew iglastych oraz osadem ściekowym na wybrane składniki odżywcze dwóch odmian topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) 'Albik' i 'Gigant'. W hipotezie badawczej założono, że zastosowane warianty nawożenia zmodyfikują badane parametry składu chemicznego bulw topinamburu.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2015-2016 w Ujkowicach koło Przemyśla (49°84'N, 22°72'E, 257 m n.p.m.). Bulwy topinamburu posadzono na glebie ciężkiej wytworzonej z piasku gliniastego ciężkiego, zaliczanej do IV klasy bonitacyjnej, o odczynie lekko kwaśnym. Właściwości fizykochemiczne gleby, na której przeprowadzono eksperyment, przedstawiono w tabeli 1. Podział gleby na frakcje wykonano, stosując metodę laserową z miernikiem cząstek Mastersizer 2000. W pobranych próbkach glebowych oceniano pH oraz zawartość przyswajalnych form makroskładników i metali ciężkich. Odczyn gleby (pH w H₂O i 1 mol KCl) oznaczono potencjometrycznie (PN-ISO 10390:1997). W glebie zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu oznaczono metodą Egnera-Riehma odpowiednio

wg norm PN-R-04023:1996 i PN-R-04022:1996, zaś zawartość przyswajalnego magnezu zgodnie z normą PN-R-04020:1994. Ogólną zawartość metali oznaczono w próbach glebowych po spaleniu na mokro w mieszaninie kwasów azotowego (V) i chlorowego (VII), (PN-ISO 11047:2001). Analizy wykonano przy użyciu spektrometru absorpcji atomowej (Thermo Fisher Scientific iCE 3000 Series). Gleba charakteryzowała się średnią zawartością przyswajalnego fosforu, potasu i bardzo wysoką zawartością magnezu. Koncentracja metali ciężkich nie przekroczyła średnich wartości określonych dla zawartości mikroelementów w glebie. Zgodnie z obowiązującym prawem na glebach tych można stosować odpady.

Tabela 1. Frakcje granulometryczne gleby oraz właściwości fizykochemiczne gleby
Table 1. Particle size fractions and physicochemical properties of the soil

Podział na frakcje gleby (mm) / Soil fractions (mm)								
2,0-1,0	1,0-0,05	0,5-0,025	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002
(%)								
0	0,45	2,18	2,85	16,18	40,65	26,13	6,47	5,08
Zawartość wybranych metali ciężkich (mg·kg ⁻¹ s.m.) / Content of selected heavy metals (mg kg ⁻¹ d.m.)								
Kadm	Nikiel	Ołów	Miedź	Cynk	Chrom	Rtęć		
Cadmium	Nickel	Lead	Copper	Zinc	Chromium	Mercury		
< 0,30	15,4	21,5	14,7	51,9	22,0	0,0424		
Odczyn i zasolenie gleby / Soil reaction and salinity								
pH _{H2O}			pH _{KCl}			(g NaCl·kg ⁻¹)		
6,10			5,58			0,11		
Zawartość poszczególnych przyswajalnych form makroskładników (mg·kg ⁻¹) Content of various available forms of macronutrients (mg kg ⁻¹)								
Wapń		Fosfor		Potas		Magnez		
Calcium		Phosphorus		Potassium		Magnesium		
290,7		53,2		132,7		124,0		

Powierzchnia pojedynczego poletka doświadczalnego wynosiła 35 m², zbiór wykonano z powierzchni 24 m². Doświadczenie założono w układzie kompletnej randomizacji, w 3 replikacjach, jako trójczynnikowe. Pierwszym czynnikiem były cztery poziomy nawożenia popiołem z drzew iglastych: 0 – obiekt kontrolny, bez nawożenia; I – 15 kg; II – 30 kg; III – 45 kg 35 m². Drugi czynnik stanowiły dwa poziomy nawożenia osadem ściekowym: 0 – obiekt kontrolny, bez osadu; 1- 30,3 t·ha⁻¹. Trzecim czynnikiem były odmiany topinamburu: ‘Gigant’ i ‘Albik’. Popiół z drzew iglastych użyty w doświadczeniu pochodził z Tartaku Oleczyk Sp. z o.o. w Świdnie koło Krasocina. Obejmował on spalone zrębki i odpadki z drzew iglastych: sosna, modrzew i świerk. Charakterystykę chemiczną popiołu z drzew iglastych przedstawiono w tabeli 2. Biorąc pod uwagę niską wartość pH w KCl gleby (5,58), wysoką wartość pH popiołu z biomasy i bardzo dużą zawartość w niej wapnia dawki ustalono na poziomie 0,5; 1,0; 1,5 i 2 t CaO·ha⁻¹ w formie popiołu. Dawki

te odpowiadają 0,35; 0,70; 1,05 i 1,4 t Ca ha⁻¹. Bilansując ilość potasu w popiele (K = 23,4 g·kg⁻¹) oraz wymagania topinamburu 120 K₂O ha⁻¹ w przeliczeniu na czysty składnik potasu: K(%) = 1,2 × 0,83K = 1,006% i w przeliczeniu na poletko 35 m², zastosowano 15 kg popiołu. Ze względu na zapotrzebowanie topinamburu na potas za podstawę do ustalenia dawki popiołu przyjęto zawartość w nim potasu.

Tabela 2. Charakterystyka chemiczna popiołu z drzew iglastych
Table 2. Chemical characterization of biomass ash from conifers

Odczyn i zawartość wybranych makroskładników (g·kg ⁻¹) Reaction and content of selected macronutrients (g kg ⁻¹)						
	Azot	Wapń	Fosfor ogólny	Potas	Magnez	
pH	Nitrogen	Calcium	Total phosphorus	Potassium	Magnesium	
9,5	<1,0	206,0	6,0	23,4	11,4	
Zawartość wybranych metali ciężkich (mg·kg ⁻¹ popiołu) / Content of selected heavy metals (mg kg ⁻¹ ash)						
Kadm	Nikiel	Ołów	Miedź	Cynk	Chrom	Rtęć
Cadmium	Nickel	Lead	Copper	Zinc	Chromium	Mercury
11,6	11,4	13,1	134	280	125	0,0134

Tabela 3. Charakterystyka chemiczna osadu ściekowego
Table 3. Chemical characterization of sewage sludge

Skład chemiczny osadu ściekowego (%) suchej masy Chemical composition of sewage sludge (%) dry matter							
	Sucha masa	Substancja	N-ogólny	N-NH ₄	Fosfor ogólny	Wapń	Magnez
pH	Dry matter	organiczna	N-total	N-NH ₄	Total phosphorus	Calcium	Magnesium
7,4	23,6	52,8	4,24	0,18	1,60	2,80	0,644
(mg·kg ⁻¹ suchej masy) / (mg kg ⁻¹ dry matter)							
	Ołów	Nikiel	Cynk	Miedź	Chrom	Kadm	Rtęć
	Lead	Nickel	Zinc	Copper	Chromium	Cadmium	Mercury
	42,7	61,2	1053	171,5	61,2	1,60	1,33

Użyty w doświadczeniu przefermentowany i odwodniony osad ściekowy pochodził z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Przemyślu. Zgodnie z technologią stosowaną w oczyszczalni poddany został higienizacji wapnem. Charakterystykę chemiczną zastosowanego osadu ściekowego przedstawiono w tabeli 3. Zawartość analizowanych metali w zastosowanym osadzie ściekowym nie przekraczała wartości dopuszczalnych dla stężenia metali ciężkich w osadzie ściekowym (Dz. U. z 2015 r. nr 0 poz. 257). Badania mikrobiologiczne użytego w doświadczeniu osadu ściekowego wykonane w laboratorium SGS EKO-PROJEKT w Pszczynie nie wykazały obecności bakterii chorobotwórczych i jaj pasożytów jelitowych, wobec czego osad nie stanowił zagrożenia mikrobiologicznego i został zakwalifikowany jako zdolny do stosowania w nawożeniu roślin. Wyniki badań mikrobiologicznych

osadu ściekowego zawarto w tabeli 4. Analizę chemiczną popiołu z biomasy oraz osadu ściekowego przeprowadzono w Stacji Chemiczno-Rolniczej zgodnie z obowiązującymi Normami Polskimi.

Tabela 4. Charakterystyka mikrobiologiczna osadu ściekowego
Table 4. Microbiological characteristics of sewage sludge

Wyszczególnienie Item	Jednostka Unit	Wynik Result	Metoda oznaczenia Method of assay
Obecność bakterii chorobotwórczych z rodzaju <i>Salmonella</i> Presence of pathogenic bacteria of the genus <i>Salmonella</i>	–	Nie stwierdzono Not found	PN-EN-ISO 6579:2003
Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych <i>Ascaris</i> sp. Number of viable eggs of intestinal parasites <i>Ascaris</i> sp.	liczba·kg ⁻¹ s.m. number kg ⁻¹ d.m.	0	
Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych <i>Trichuris</i> sp. Number of viable eggs of intestinal parasites <i>Trichuris</i> sp.	liczba·kg ⁻¹ s.m. number kg ⁻¹ d.m.	0	KJ-I-5.4-59M
Liczba żywych jaj pasożytów jelitowych <i>Toxocara</i> sp. Number of viable eggs of intestinal parasites <i>Toxocara</i> sp.	liczba kg ⁻¹ s.m. number kg ⁻¹ d.m.	0	

Bulwy wysadzono w pierwszej dekadzie kwietnia w rozstawie 1,0 × 0,5 m (20 000 szt.·ha⁻¹). Zabiegi agrotechniczne przeprowadzono zgodnie z zaleceniami dla uprawy topinamburu.

Analizę składu chemicznego bulw wykonano w ciągu 2-3 tygodni po zbiorze. W skład średniej próby laboratoryjnej wchodziło 3-5 kg bulw, które myto i osuszano w temp. 20±2°C. Każdą bulwę rozdrabniano mechanicznie. Zawartość badanych składników oznaczono według metody AOAC (2012). Przy oznaczeniu suchej masy zastosowano suszenie dwustopniowe w temperaturze 60°C, a następnie do stałej masy w 105°C. Białko surowe (N×6,25) określono metodą Kjeldahla według PN-EN-ISO-5983-1:2005 przy użyciu aparatu Büchi B-324 (Szwajcaria). Zawartość popiołu surowego oznaczano poprzez mineralizację próbki w piecu mufowym w temp. 580°C przez 8 h, według PN-ISO-2171:1994.

Wyniki analiz przedstawiono w g na kg suchej masy (s. m.). Otrzymane wyniki dotyczące zawartości białka surowego, popiołu surowego i suchej masy w bulwach topinamburu poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statistica 12. Przeprowadzono trójczynnikiową analizę wariancji, a otrzymane średnie porównano

testem wielokrotnym Tukeya, przy poziomie istotności $p = 0,05$. Wszystkie oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach. Wyniki przedstawiono jako średnie z dwóch lat badań.

WYNIKI I DYSKUSJA

Z literatury przedmiotu wynika, że zarówno popiół z biomasy, jak i osady ściekowe mogą stanowić cenny surowiec z przeznaczeniem na cele nawozowe (Kalembasa 2008, Wiater i Butarewicz 2014). Mimo, iż niewiele jest informacji na temat składu chemicznego roślin uprawnych, zwłaszcza roślin okopowych nawożonych popiołem z biomasy czy osadami ściekowymi, dotychczasowe doniesienia potwierdzają ich korzystny wpływ zarówno na ilościowe, jak i jakościowe cechy uzyskanego plonu (Mohammad i Athamneh 2004, Gondek 2012).

Na podstawie analizy statystycznej uzyskanych rezultatów badań stwierdzono, że zastosowane nawożenie popiołem z biomasy oraz osadem ściekowym istotnie różnicowało skład chemiczny bulw dwóch odmian topinamburu (tab. 5).

Tabela 5. Zawartość suchej masy, białka surowego i popiołu surowego w bulwach topinamburu w zależności od nawożenia popiołem z biomasy, osadem ściekowym i odmiany ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 5. Dry matter, crude protein and crude ash content in Jerusalem artichoke tubers depending on fertilisation with biomass ash, sewage sludge and on the cultivar ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)

Wyszczególnienie Item	Sucha masa ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Dry matter ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ fresh tubers)	Białko surowe Crude protein	Popiół surowy Crude ash
Nawożenie popiołem – Fertilization biomass ash			
0	260,6 ^d	69,9 ^c	49,5 ^c
I	295,5 ^a	71,2 ^c	55,3 ^b
II	269,6 ^c	76,4 ^b	58,1 ^{ab}
III	287,5 ^b	79,5 ^a	60,0 ^a
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	1,81	0,26	1,16
Nawożenie osadem ściekowym / Fertilization with sewage sludge			
0	286,2 ^a	79,6 ^a	53,2 ^b
I	270,3 ^b	68,9 ^b	58,3 ^a
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	2,96	2,09	1,12
Odmiana / Cultivar			
‘Gigant’	286,9 ^a	79,5 ^a	59,6 ^a
‘Albik’	269,6 ^b	69,5 ^b	51,9 ^b
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	3,40	1,12	1,52

Objaśnienia / Explanatory notes: średnie wartości oznaczone tymi samymi literami w każdej kolumnie nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ / mean values with the same letter in each column are not significantly different at $p \leq 0,05$; NIR – najmniejsza istotna różnica / LSD – least significant difference; 0 – obiekt kontrolny, bez nawożenia / control object, without fertilization; I – 15 kg; II – 30 kg; III – 45 kg; poletko / plot – 35 m²; 0 – obiekt kontrolny, bez osadu / control object, without sewage sludge; 1 – 30,3 t·ha⁻¹

Zawartość suchej masy jest ważnym wskaźnikiem wartości odżywczej bulw, decydującym o ich smaku i konsystencji. Sucha masa bulw topinamburu stanowiąca wypadkową zawartych w nich składników innych niż woda, a więc głównie białka,

tluszczu, węglowodanów, włókna surowego oraz soli mineralnych stanowiła średnio 28% świeżych bulw. Natomiast badane przez Florkiewicz i in. (2007) bulwy topinamburu zawierały średnio 23,6% suchej masy. Termin zbioru bulw nie wpływa na zawartość suchej masy, co wykazali Florkiewicz i in. (2007) oraz Bach i in. (2012). W prezentowanych badaniach istotnie największą zawartością suchej masy charakteryzowały się bulwy o najniższym i najwyższym poziomie nawożenia popiołem z biomasy (I i III), co nie znajduje potwierdzenia w badaniach Sawickiej (2002), która wskazała na możliwość wzrostu zawartości suchej masy w bulwach o 2-3% pod wpływem nawożenia azotem. Zastosowany popiół zawierał poniżej 1 g·kg⁻¹ azotu. Mniejszą koncentracją suchej masy charakteryzowały się bulwy roślin zebranych z poletek nawożonych osadem ściekowym, średnio o 6%, w porównaniu do obiektu kontrolnego, bez nawożenia. Również czynnik odmianowy miał istotny wpływ na poziom suchej masy. Bulwy odmiany 'Gigant' charakteryzowały się o 6% większą zawartością suchej masy niż bulwy odmiany 'Albik'. Zawartość suchej masy, podobnie jak liczne cechy morfologiczne są uwarunkowane genetycznie, ale także modyfikowane przez agrotechnikę oraz warunki pogodowe i glebowe (Sawicka i in. 2011, Wierzbicka 2012). W porównaniu do topinamburu nawożonego nawozami mineralnymi (Florkiewicz i in. 2007) w bulwach pochodzących z doświadczenia własnego koncentracja suchej masy była średnio o 20% wyższa w przypadku bulw roślin nawożonych popiołem i o 14% bulw roślin nawożonych osadem ściekowym. Skład chemiczny uzyskanego plonu istotnie modyfikuje kategoria agronomiczna gleby, na której uprawiane są rośliny (Prośba-Białczyk 2007, Różyło i Pałys 2009). Na glebie zakwalifikowanej do czarnoziemów właściwych, wytworzonego z lessu, uprawiana przez Florkiewicz i in. (2007) odmiana 'Albik' cechowała się o 25% mniejszą zawartością suchej masy w porównaniu do odmiany 'Albik' uprawianej w omawianym eksperymencie.

Badane odmiany różniły się również pod względem zawartości białka surowego oraz składników mineralnych wyrażonych w postaci popiołu surowego. Stwierdzono istotne różnice w zawartości białka surowego w przypadku zróżnicowanego nawożenia popiołem i osadem ściekowym. Wraz ze wzrostem dawki popiołu z biomasy rosła zawartość azotu. Najwięcej zawierały go bulwy roślin nawożone popiołem z biomasy w najwyższej dawce (o 14% w porównaniu do obiektu kontrolnego). W bulwach zebranych z obiektów nawożonych osadem ściekowym było go o 15% mniej niż w bulwach zebranych z obiektów kontrolnych. Większą o 12,6% zawartością białka surowego charakteryzowały się bulwy odmiany 'Gigant' w porównaniu do bulw odmiany 'Albik'. Różnice te wynikają prawdopodobnie z cech odmianowych. Mniejszą zawartość białka surowego stwierdziła Prośba-Białczyk (2007), od 54 do 66 g·kg⁻¹ suchej masy bulw topinamburu odm. 'Albik' i 'Rubik'. Natomiast Ma i in. (2011) podają w suchej masie bulw do 118,3 g białka surowego.

Zawartość popiołu surowego była istotnie najmniejsza w bulwach nienawożonych popiołem z biomasy. Wraz ze wzrostem nawożenia wystąpiła tendencja wzrostu poziomu popiołu w rozstępie od 55,3 do 60 g·kg⁻¹ suchej masy. Więcej popiołu surowego (o 9%) stwierdzono w bulwach nawożonych osadem ściekowym, w porównaniu do kontroli, bez nawożenia. Bulwy odmiany Gigant charakteryzowały się istotnie większą zawartością popiołu surowego. Sawicka i in. (2015) podają, że w suchej masie części nadziemnych topinamburu zawartość popiołu waha się od 6,15 do 6,80%.

Florkiewicz i in. (2007) wykazali, że w bulwach topinamburu nawożonego nawozami mineralnymi średnia koncentracja białka surowego wynosi 71 g·kg⁻¹, a popiołu surowego 50 g·kg⁻¹. W badanych bulwach topinamburu zawartość białka surowego i popiołu surowego kształtowała się na zbliżonym poziomie do topinamburu nawożonego nawozami mineralnymi, a w przypadku nawożenia popiołem w najwyższej dawce była wyraźnie wyższa, odpowiednio o 12 i 20%. W porównaniu do bulw roślin nawożonych nawozami mineralnymi, bulwy zebrane z gleb nawożonych osadem ściekowym zawierały o 3% mniej białka surowego i o 14% więcej popiołu surowego. Koncentracja tych związków w bulwach roślin okopowych jest istotnie modyfikowana przez kategorię agronomiczną gleb (Różyło i Pałys 2009). Różnicę w zawartości białka surowego w bulwach topinamburu uprawianego na glebach średnich i ciężkich wykazała Prośba-Białczyk (2007). Zdaniem cytowanej autorki bulwy z roślin uprawianych na glebie ciężkiej, w stosunku do bulw wykształconych przez rośliny uprawiane na glebie średniej, cechowały się niższą zawartością suchej masy i białka surowego. W bulwach topinamburu uprawianego na glebie zakwalifikowanej do czarnoziemów właściwego, wytworzonego z lessu (Florkiewicz i in. 2007), było średnio o 4% mniej białka surowego i o 11% mniej popiołu surowego w porównaniu do koncentracji tych składników w bulwach topinamburu uprawianego w omawianym doświadczeniu.

WNIOSKI

1. Zastosowane w doświadczeniu nawożenie popiołem z biomasy i osadem ściekowym istotnie różnicowało skład chemiczny bulw dwóch odmian topinamburu 'Gigant' i 'Albik'.
2. Wraz ze wzrostem dawki popiołu z biomasy istotnie rosła zawartość suchej masy, białka surowego i popiołu surowego w bulwach topinamburu.
3. Nawożenie osadem ściekowym istotnie zmniejszyło koncentrację suchej masy i białka surowego w badanych bulwach. W bulwach zebranych z obiektów nawożonych osadem ściekowym było istotnie więcej popiołu surowego.
4. Korzystniejszym, w porównaniu do odmiany 'Albik', składem chemicznym charakteryzowały się bulwy odmiany 'Gigant'.

PIŚMIENNICTWO

- AOAC, 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19th ed. Gaithersburg.
- Bach V., Kidmose U., Bjørn G.K., Edelenbos M., 2012. Effects of harvest time and variety on sensory quality and chemical composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers. Food Chem., 133, 82-89.
- Chekroun M.B., Amzile J., Mokhtari A., El Haloui N.E., 1996. Comparison of fructose production by 37 cultivars of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). New Zeal. J. Crop Hort., 24, 115-120.
- Cieślak E., Gębusia A., 2011. Żywność funkcjonalna z dodatkiem fruktanów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2, 27-37.
- Cieślak E., Filipiak-Florkiewicz A., 2000. Topinamur (*Helianthus tuberosus* L.) – możliwości wykorzystania do produkcji żywności funkcjonalnej. Żywność, 1(22), 71-81.
- Dz. U. 2002 nr 165 poz. 1359, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.
- Dz. U. z 2015 r. nr 0 poz. 257, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych.
- Florkiewicz A., Cieślak E., Filipiak-Florkiewicz A., 2007. Wpływ odmiany i terminu zbioru na skład chemiczny bulw topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3(52), 71-81.
- Gondek K., 2012. Wpływ nawożenia nawozami mineralnymi, obornikiem od trzody chlewnej i komunalnymi osadami ściekowymi na plon i niektóre wskaźniki jakości ziarna pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.) Acta Agroph., 19(2), 289-302.
- Kalembasa S., Godlewska A., Wysokiński A., 2008. Skład chemiczny popiołów z węgla brunatnego i kamiennego w aspekcie ich rolniczego zagospodarowania. Roczniki Gleboznawcze, 59, 93-97. KJ-I-5.4-59M. Procedura badawcza wersja 01 z dnia 26. 04.2010 r.
- Klimont K., 2004. Przydatność wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 497, 673-684.
- Klimont K., Bulińska-Radowska Z., 2008. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji podłoża wapna poflotacyjnego w różnych warunkach agrotechnicznych. Probl. Inż. Rol., 1, 99-106.
- Klimont K., Góral S., 2001. Glebotwórcze działanie traw i topinamburu na gruncie wapna poflotacyjnego. Inż. Ekolog., 3, 198-201.
- Ma X.Y., Zhang L.H., Shao H.B., Xu G., Zhang F., Ni F.T., Brestic M., 2011. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), a medicinal salt-resistant plant has high adaptability and multiple-use values. J. Med. Plants Res., 5, 1275-1282.
- Majtkowski W., 2006. Bioróżnorodność upraw energetycznych podstawą zrównoważonego rozwoju. Probl. Inż. Rol., 2, 25-36.
- Marien C., 2011. Effects of tubers of the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) and potatoes (*Solanum tuberosum*) on the intestinal microbiota of pigs and evaluation of a procedure for quantification of microbial mass in pig faces. Dissertation presented on the Faculty of Organic Agricultural Sciences / Department of Animal Nutrition and Animal Health University of Kassel, pp.60.
- Mohammad M.J., Athamneh B.M., 2004. Changes in soil fertility and plant uptake of nutrients and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. J Agronomy, 3, 229-236.
- Mystkowska I., Zarzecka K., Gugała M., Baranowska A., 2015. Właściwości probiotyczne i farmakologiczne słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.). Probl. Hig. Epidemiol., 96(1), 64-66.
- Ostrowska D., 2004. Topinambur roślina z przyszłością. Poradnik Plantatora Buraka Cukrowego, 4, 18-19.

- Pan L., Sinden M.R., Kennedy A.H., Chai H., Watson L.E., Terrence L., Kinghorn G.A.D., 2009. Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke). *Phytochem. Lett.*, 2, 15-18.
- PN-EN-ISO-5983-1:2005. Pasze – Oznaczanie zawartości azotu i obliczanie zawartości białka ogólnego – Część 1: Metoda Kjeldahla.
- PN-ISO-2171:1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe – Oznaczanie popiołu całkowitego.
- PN-R-04020:1994. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu.
- PN-ISO 10390:1997. Jakość gleby – Oznaczanie pH.
- PN-R-04023:1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
- PN-R-04022: 1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych.
- PN-ISO 11047:2001. Jakość gleby – Oznaczanie kadmu, chromu, kobaltu, miedzi, ołowiu, manganu, niklu i cynku w ekstraktach gleby wodą królewską – Metody płomieniowej i elektrotermicznej absorpcyjnej spektrometrii atomowej.
- PN-EN ISO 6579:2003. Mikrobiologia żywności i pasz – Horyzontalna metoda wykrywania *Salmonella* spp.
- Prośba-Białczyk U., 2007. Produkcyjność topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) uprawianego bez nawożenia. *Fragm. Agron.*, (XXIV), 4(96), 106-112.
- Różyło K., Pałys E., 2009. Skład chemiczny bulw ziemniaka i jego korelacje z zachwaszczeniem w zależności od rodzaju nawożenia oraz kategorii agronomicznej gleby. *Ann. UMCS, sec. E, Agricultura*, VLXIV(3), 110-119.
- Sawicka B., 2002. Zmienność składu chemicznego bulw *Helianthus tuberosus* L. w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 484, 573-579.
- Sawicka B., Michałek W., Pszczółkowski P., 2011. Uwarunkowania potencjału plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. Inst. Hod. Rośl.*, 259, 219-228.
- Sawicka B., Hameed T.S., Skiba D., 2015. Potencjalne możliwości pozyskiwania surowca do produkcji biogazu i bioetanolu z biomasy słonecznika bulwiastego. I Ogólnopolskie Sympozjum Energii Odnawialnej „OZE – Energia Przyszłości”. Lublin, 28-29.11, 71-72.
- Slimestad R., Seljaasen R., Meijer K., Skar, S.L., 2010. Norwegian-grown Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): morphology and content of sugars and fructo-oligosaccharides in stems and tubers. *J. Sci. Food Agr.*, 90, 956-964.
- Takeuchi J., Nagashima T., 2011. Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties. *Food Chem.*, 126, 922-926.
- Urbaniak M., Wyrwicka A., Kiedrzyńska E., Staniek S., Gałązka A., Tołoczko W., Siebielec G., 2014. Problematyka przyrodniczego wykorzystania komunalnych osadów ściekowych. *Acta Innovations*, 12, 35-48.
- Wiater J., Butarewicz A., 2014. Sposoby wykorzystania osadów z Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku. *Inż. Ochr. Środ.*, 17(2), 281-291.
- Wierzbicka A., 2012. Wpływ odmiany, nawożenia azotem i terminu zbioru na zawartość suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaków wczesnych. *Fragm. Agron.*, 29(2), 134-142.
- Yuan X., Gao M., Xiao H., Tan C., Du Y., 2012. Free radical scavenging activities and bioactive substances of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) leaves. *Food Chem.*, 133, 10-14.
- Zhang F., Tai F.N., Brestic M., 2011. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), a medicinal salt-resistant plant has high adaptability and multiple-use values. *J. Med. Plants Res.*, 5(8), 1272-1279.

INFLUENCE OF FERTILISATION WITH ASH FROM CONIFERS BIOMASS
AND SEWAGE SLUDGE ON SELECTED NUTRIENTS IN TUBERS
OF JERUSALEM ARTICHOKE (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.)

Wioletta Biel¹, Anna Jaroszevska², Anita Zapalowska³, Ewelina Lyson¹,
Grzegorz Hury²

¹Department of Pig Breeding, Animal Nutrition and Food
West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Judyma 10, 71-460 Szczecin, Poland

²Department of Agronomy, West Pomeranian University of Technology in Szczecin
Papieża Pawła VI 3, 71-434 Szczecin, Poland

³Department of Bioenergetics and Food Analyses, University of Rzeszów
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów, Poland
e-mail: anna.jaroszevska@zut.edu.pl

Abstract. The objective of the study was to estimate the influence of fertilisation with ash from conifers biomass and sewage sludge on the content of selected nutrients in tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). The field experiment was conducted in Ujkowice near Przemyśl. The first factor was four levels of fertilisation with ash of coniferous biomass: 0 – control treatment, without fertilisation; I – 15 kg; II – 30 kg; III – 45 kg on a plot of 35 m². The second factor was two levels of sewage sludge fertilisation: 0 – control treatment, without sewage sludge; 30.3 t ha⁻¹. The third factor was Jerusalem artichoke cultivars: ‘Gigant’ and ‘Albik’. In samples of tubers from two consecutive harvest years (2015, 2016) the content of dry matter, crude protein and crude ash were studied. It was found that with increasing dose of ash from biomass there was a significant increase of dry matter, crude protein and crude ash content in tubers of Jerusalem artichoke. Fertilisation with sewage sludge significantly reduced the concentration of dry matter and crude protein in studied tubers. The tubers harvested from plots fertilized with sewage sludge had distinctly more crude ash. Tubers of cv. ‘Gigant’ were characterised by better chemical composition.

Key words: ‘Albik’ cultivar, biomass ash, crude ash, crude protein, dry matter, fertilization, ‘Gigant’ cultivar, Jerusalem artichoke, sewage sludge