

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA RÓŻNYCH TECHNOLOGII UPRAWY TOPINAMBURU Z PRZEZNACZENIEM NA OPAŁ

Tomasz Piskier

Katedra Agrotechnologii, Politechnika Koszalińska

Streszczenie. W doświadczeniu polowym porównano wielkość i strukturę nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję topinamburu przeznaczonego na opał. Najbardziej energochłonną była technologia wykorzystująca nawożenie kompostem z osadu ściekowego ($23,67 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Wskaźnik efektywności energetycznej dla tej technologii wyniósł 3,86. Najmniejszy nakład energii poniesiono w technologii wykorzystującej nawożenie mineralne ($15,57 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Technologia ta charakteryzowała się jednocześnie największym wskaźnikiem efektywności energetycznej, wynoszącym 6,51.

Słowa kluczowe: efektywność energetyczna, pracochłonność, topinambur.

Wykaz oznaczeń

- E_{tech} – energochłonność badanej technologii [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
- P_e – wartość energetyczna plonu [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
- ΣE_{agr} – suma energochłonności stosowanych agregatów [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
- ΣE_{mat} – suma energochłonności stosowanych materiałów [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
- ΣE_{pal} – suma energochłonności zużytego paliwa [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
- ΣE_r – suma energochłonności pracy ludzkiej [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$].

Wprowadzenie

Wykorzystanie biomasy w celach energetycznych zyskuje coraz większe znaczenie. Nie powinno jednak prowadzić do zubożania gleby w substancje organiczną, co wymusza wprowadzanie upraw specjalnych roślin przeznaczonych na cele energetyczne [Roszkowski 2008a]. Dobierając gatunki roślin do upraw energetycznych należy kierować się wielkością produkcji energii oraz wielkością nakładów energetycznych koniecznych do jej prowadzenia [Szczukowski i in. 2006; Roszkowski 2008a; Roszkowski 2008b; Węgrzyn, Zając 2008]. Efektywność energetyczna jest w praktyce wyraźnie różnicowana przez stosowane technologie produkcji [Starczewski i in. 2008], warto więc dokonywać kompleksowej oceny, ujmującej zarówno roślinę jak i technologię jej produkcji. Nakłady pracy ludzkiej są ważnym elementem w ocenie technologii produkcji rolniczej, jednak ze wzglę-

du na wyraźne uzależnienie ich od cech osobniczych, powinny być wyrażane raczej w roboczogodzinach niż jednostkach energetycznych [Węgrzyn, Zając 2008].

Cel badań

Celem przeprowadzonych badań była analiza wielkości i struktury nakładów dla energetycznych trzech technologii uprawy topinamburu przeznaczonego na opał oraz porównanie ich efektywności energetycznej.

Metodyka i warunki badań

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005-2007 w Rzepkowie (pow. koszaliński), na glebie średniozwięzłej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego, klasy bonitacyjnej IVa. Topinambur odmiany Albik uprawiano w stanowisku po ośmioletnim odłogu. Wiosną wykonano orkę średnią (20 cm głębokości), następnie nawożenie (wg układu doświadczenia), gryzowanie i sadzenie bulw w rozstawie 40/75 cm.

W fazie początku intensywnego wzrostu (ok. 50 cm), zastosowano odchwaszczenie mechaniczne. W latach 2006 i 2007 przed wschodami roślin wykonano nawożenie wg schematu doświadczenia. Nawozy wymieszano z glebą pielnikiem do ziemniaków, wykonując jednocześnie odchwaszczanie i rzędowanie roślin. Kolejne rzędowanie wykonywano, gdy topinambur osiągał wysokość 20 - 30 cm, stosując pielnik wzdłuż rzędów.

Zbiór dokonywano silosokombajnem po przemarznięciu łodyg.

Jednoczynnikowe doświadczenie polowe założono w czterech powtórzeniach, w układzie losowanych bloków. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 250 m².

W doświadczeniu badano efektywność energetyczną trzech technologii uprawy topinamburu przeznaczonego na opał, różniące się sposobami nawożenia:

1. Technologia z nawożeniem mineralnym (*nawożenie mineralne – kontrola*) równoważnym z dawką 10 t·ha⁻¹ s.m. kompostu z osadu ściekowego,
2. Technologia z nawożeniem mieszanym (*nawożenie mieszane*) 5 t·ha⁻¹ s.m. kompostu z osadu ściekowego i nawożenie mineralne równoważne z dawką 5 t·ha⁻¹ s.m. kompostu z osadu ściekowego,
3. Technologia z nawożeniem kompostem z osadu ściekowego (*nawożenie kompostem*) w ilości 10 t·ha⁻¹ s.m. kompostu z osadu ściekowego

Do analizy nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję biomasy topinamburu zastosowano metodykę energochłonności skumulowanej (wg. IBMER, Anuszewski, Pawlak; Wójcicki 1997; Wójcicki 2002)

$$E_{tech} = \sum E_{mat} + \sum E_{agr} + \sum E_{pal} + \sum E_r \quad [\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}] \quad (1)$$

Ponieważ określenie ilości energii wniesionej w postaci pracy ludzkiej (ΣE_r) w warunkach polowych nie było możliwe do wyznaczenia, pominięto ten składnik energii skumulowanej a wzór przyjął postać:

$$E_{tech} = \sum E_{mat} + \sum E_{agr} + \sum E_{pal} \quad [\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (2)$$

Energię wniesioną w formie materiałów wyliczono poprzez przemnożenie masy materiału zużytego w trakcie produkcji przez wartość energii w nim zawartej przyjmując: dla sadzeniaków $2 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, kompostu z osadu ściekowego $0,4 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, nawozów azotowych $77 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ N, potasowych $10 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ K_2O , fosforowych $15 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ P_2O_5 , dla oleju napędowego $48 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, dla pestycydów $300 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ substancji aktywnej [Wójcicki 2002].

Wskaźnik efektywności energetycznej obliczono według zależności podanej przez Harasima [1997]

$$E_e = \frac{P_e}{E_{tech}} \quad (3)$$

Zawartość wody w plonie oznaczono metodą suszarkowo-wagową susząc próby w temperaturze 80°C i dosuszając do stałej masy w temperaturze 105°C . Następnie plon biomasy przeliczono na plon suchej masy i przemnożono przez wartość opałową suchej masy topinamburu wynoszącą $15,93 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Piskier 2004] wyznaczając w ten sposób wartość energetyczną plonu (P_e) w $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nakłady pracy ludzkiej (wyrażone w $\text{rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$) wyznaczono jako odwrotność wydajności eksploatacyjnej maszyn, wyliczając w ten sposób czas zużyty na wykonanie danego zabiegu. W oparciu o wywiad bezpośredni z plantatorami, założono 10-letni okres użytkowania plantacji topinamburu [Piskier 2004], w związku z tym skumulowany nakład energii poniesiony na założenie plantacji (przygotowanie stanowiska i sadzenie bulw) podzielono na 10 i doliczono w równych częściach do poszczególnych lat prowadzenia doświadczenia. Wydajność eksploatacyjną maszyn przyjęto wg Muzalewskiego [2006] dla pól o powierzchni 1 ha. Uzyskane wyniki badań dotyczące wielkości produkcji energii, wskaźnika efektywności energetycznej oraz wielkości nakładów pracy poniesionych na produkcję GJ energii, poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem modelu analizy wariancji, a istotność różnic określono za pomocą testu t Studenta na poziomie $\alpha_{0,05}$.

Wyniki badań i dyskusja

Zastosowanie w doświadczeniu różnych technologii nawożenia topinamburu spowodowało wyraźne zmiany w wielkości skumulowanych nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję topinamburu (tab. 1). Nawożenie mineralne generowało nakład energii skumulowanej wynoszący $15,57 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wprowadzenie do nawożenia kompostu z osadu ściekowego powodowało zwiększenie wielkości nakładów energii skumulowanej o 28,6% przy zastosowaniu nawożenia mieszanego i o 52% stosując nawożenie kompostem. Wynikało to z faktu zastosowania znacznej masy kompostu, gdyż w stanie naturalnym przekraczała ona $35 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (przy dawce $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\text{sm}$).

Zależność taka powodowała również zwiększenie ilości energii wnoszonej w formie agregatów (o 33% na nawożeniu mieszanym i o 63% przy nawożeniu kompostem z osadu) oraz w formie materiałów (o 40% na obiektach z nawożeniem mieszanym i o 78% na obiektach, na których zastosowano kompost z osadu). Nieco mniejsze różnice odnotowano

przy nakładach energii poniesionych w formie zużytego paliwa. Zastosowanie nawożenia mieszanego powodowało bowiem wzrost nakładów tego strumienia energii o 16%, natomiast nawożenia kompostem z osadu o 24% - w porównaniu do wartości uzyskanych na nawożeniu mineralnym.

Struktura nakładów energetycznych wnoszonych w poszczególnych strumieniach energii w analizowanych technologiach wskazuje, że największa ilość energii wnoszona była w formie materiałów i paliwa (tab. 1). W nawożeniu mineralnym energia wniesiona w formie materiałów wynosiła 42,4%, w formie paliwa 44,2%, analogicznie w nawożeniu mieszanym wartości te wynosiły odpowiednio 46,5% oraz 33,9%, a w nawożeniu kompostem z osadu 49,7% i 36,1%.

Tabela 1. Wielkość i struktura nakładów energetycznych poniesionych na produkcję topinamburu, średnio w latach 2005–2007 [$\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$]

Table 1. The quantity and structure of energy expenditures spent for production of topinambour, on average in years 2005–2007 [$\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$]

Technologia (nawożenie)	Strumień energii (energia wniesiona w formie) [$\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$]			Skumulowany nakład energii [$\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$]
	Stosowane agregaty	Zużyte paliwo	Materiały	
Mineralne	2,06	6,88	6,63	15,57
Mieszane	2,73	7,99	9,30	20,02
Kompost z osadu	3,35	8,54	11,78	23,67

Bardzo ważnym parametrem stosowanym przy ocenie technologii produkcji roślin energetycznych jest wielkość produkcji energii oraz wartość wskaźnika efektywności energetycznej. Technologie, w których zastosowano nawożenie mieszane lub nawożenie samym kompostem z osadu, powodowały istotne zmniejszenie wielkości produkcji energii z jednostki powierzchni (tab. 2). Zmniejszenie to, w porównaniu do wartości uzyskiwanych na obiektach nawożonych mineralnie, dla trzech lat badań sięgało średnio około 11,5% i było zbliżone dla obydwu technologii. Wartość wskaźnika efektywności energetycznej była istotnie zróżnicowana na wszystkich testowanych technologiach. Najbardziej efektywną energetycznie okazała się technologia, w której zastosowano nawożenie mineralne, a wartość wskaźnika wynosiła tutaj 6,60 (tab. 2). Zastosowanie nawożenia mieszanego spowodowało pogorszenie wskaźnika efektywności energetycznej o 31%, natomiast nawożenia kompostem z osadu o 42%. Wskaźnik ten osiągnął odpowiednio poziom 4,54 i 3,86.

Testowane technologie uprawy topinamburu wyraźnie różnicowały nakłady pracy ludzkiej. Aby zastosować technologię wykorzystującą nawożenie mineralne należało wydatkować $25,9 \text{ rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$. Stosując nawożenie mieszane nakład pracy ludzkiej uległ zwiększeniu o 21,6%, natomiast stosując nawożenie kompostem z osadu wzrosły o 33,2% osiągając wartość $34,5 \text{ rbh}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 3).

Nakłady pracy ludzkiej konieczne do wytworzenia jednostki energii były istotnie zróżnicowane w testowanych technologiach. Stosując nawożenie mineralne jeden GJ energii uzyskano przy nakładzie 0,25 rbh. Zastosowanie nawożenia mieszanego powodowało istotne zwiększenie nakładów pracy koniecznej do wytworzenia jednostki energii (o 40%), natomiast zastosowanie nawożenia kompostem z osadu - nawet o 52%. Wartości stwier-

Efektywność energetyczna...

dzone na nawożeniu mieszanym i nawożeniu kompostem wynosiły odpowiednio $0,35 \text{ rbh}\cdot\text{GJ}^{-1}$ i $0,38 \text{ rbh}\cdot\text{GJ}^{-1}$.

Tabela 2. Wpływ technologii uprawy topinamburu na wielkość plonu energii oraz wartość wskaźnika efektywności energetycznej - średnio w latach 2005-2007

Table 2. Impact of the topinambour cultivation technology on the quantity of energy yield and the value of the energy efficiency index – on average in years 2005-2007

Technologia (nawożenie)	Badany parametr		
	Produkcja energii [GJ·ha ⁻¹]	Skumulowany nakład energii [GJ·ha ⁻¹]	Wskaźnik efektywności energetycznej
Mineralne	102,9	15,6	6,60
Mieszane	90,8	20,0	4,54
Kompost z osadu	91,4	23,7	3,86
NIR _{α0,05}	8,841*	-	1,410*

Tabela 3. Wpływ technologii uprawy topinamburu na wielkość nakładów pracy ludzkiej - średnio w latach 2005-2007

Table 3. Impact of the topinambour cultivation technology on the quantity of manpower expenditure – on average in years 2005-2007

Technologia (nawożenie)	Nakład pracy ludzkiej	
	[rbh·ha ⁻¹]	[rbh·GJ ⁻¹]
Mineralne	25,9	0,25
Mieszane	31,5	0,35
Kompost z osadu	34,5	0,38
NIR _{α0,05}	-	0,027*

Jednoznaczne porównanie wielkości i struktury nakładów energetycznych poniesionych w produkcji topinamburu i innych roślin nie jest możliwe. Wynika to z faktu stosowania przez różnych autorów różnych sposobów obliczania wielkości tych nakładów oraz różnego ich przedstawiania [Kwaśniewski 2006].

Wielkość nakładów energetycznych poniesionych na produkcję wierzby energetycznej w cyklu jednorocznym wynosi $12,19 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ [Szczukowski, Budny 2008]. Jest zatem zbliżona do wartości stwierdzonej w badaniach własnych przy zastosowaniu technologii wykorzystującej nawożenie mineralne ($15,57 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Decydując się na zastosowanie nawożenia kompostem z osadu ściekowego wielkość nakładów energetycznych wyraźnie wzrasta.

Zastosowana w doświadczeniu technologia produkcji topinamburu była zbliżona do technologii produkcji ziemniaków. Badania Dobka [2006] wykazały, że nakład energetyczny ponoszony na produkcję ziemniaków waha się od $29,6 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ – przy zastosowaniu nawożenia mineralnego do $39,2 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ – stosując nawożenie organiczne. Technologie uprawy topinamburu testowane w doświadczeniu charakteryzowały się wyraźnie mniejszą energochłonnością.

Dane literaturowe [Dobek 2006; Kallivroussis 2002], podobnie jak badania własne wskazują, że największy nakład energetyczny w produkcji roślinnej generują materiały – w tym nawozy. W badaniach własnych udział energii wniesionej w formie paliwa stanowił około 40% natomiast w badaniach Dobka [2006] zaledwie 12%. Energia wniesiona w formie agregatów była podobna w badaniach własnych i podawanych w literaturze [Dobek 2006].

Wielkość plonu energii z topinamburu uzyskana w doświadczeniu jest mniejsza niż podawana przez innych autorów [Faber i in. 2007; Grzybek 2003; Gunnarson i in. 1985]. Wynika to z faktu, że w nawożeniu roślin zastosowano dawki nawozów niepokrywające w pełni zapotrzebowania pokarmowego topinamburu. Podyktowane to było zachowaniem równowagi nawozowej w stosunku do dawki $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. kompostu z osadu ściekowego.

Efektywność energetyczna stanowi ważny wskaźnik pozwalający ocenić technologię produkcji roślin – szczególnie roślin energetycznych, które powinny charakteryzować się większym wskaźnikiem efektywności energetycznej niż rośliny żywnościowe [Börjesson 1996]. Badania dotyczące wierzby wykazują współczynnik efektywności energetycznej wynoszący 22,49 przy corocznym pozyskaniu plonu i 41,99 w cyklu trzyletnim [Szczukowski, Budny 2008]. Wartość ta jest wyraźnie większa od uzyskanej w badaniach własnych. Efektywność energetyczna produkcji topinamburu była poddana analizie w badaniach Bala [Bal 2004]. Badając efektywność produkcji topinamburu z przeznaczeniem bulw na alkoholu uzyskał on wartość 3,93. Wartość ta jest mniejsza od uzyskanej w badaniach własnych, dotyczy jednak wyłącznie plonu bulw.

Wnioski

4. Zastąpienie nawożenia mineralnego nawożeniem mieszanym lub kompostem z osadu ściekowego powodowało istotne zmniejszenie wielkości produkcji energii o około 11,5%.
5. Najbardziej energochłonną technologią uprawy topinamburu jest technologia wykorzystująca nawożenie kompostem z osadu ściekowego. Zwiększała ona nakłady energii skumulowanej o 52% w porównaniu do wartości uzyskanych na obiektach nawożonych mineralnie.
6. Najkorzystniejszą wielkość wskaźnika efektywności energetycznej uzyskano po zastosowaniu nawożenia mineralnego (6,51). Zastosowanie nawożenia mieszanego lub kompostem z osadów ściekowych powoduje zmniejszenie efektywności odpowiednio o 31 i 42%.
7. Największy udział w wielkości nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję topinamburu ma energia dostarczana w formie materiałów, tj. około 43 – 50%. Energia dostarczana w formie paliwa wynosi 36 – 44%, natomiast dostarczana w formie agregatów około 13,5%.
8. Zastosowanie nawożenia mieszanego lub kompostem z osadu powoduje zwiększenie nakładów pracy ludzkiej koniecznej do wytworzenia jednostki energii odpowiednio o 40% i 52%.

Bibliografia

- Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z.**, 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych. IBMER Warszawa.
- Bal R.** 2004. Możliwości wytwarzania i wykorzystania odnawialnych nośników energetycznych w rolnictwie na przykładzie wybranej gminy. Autoreferat pracy doktorskiej. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.
- Börjesson P.I.** 1996. Energy analysis of biomass production and transportation. *Biomass Bioenergy* 11. s. 305-318.
- Dobek T.** 2006. Efektywność ekonomiczna produkcji ziemniaków jadalnych w wybranych gospodarstwach. *Inżynieria Rolnicza* Nr 2(77). Kraków. s. 247-254.
- Faber A., Stasiak M., Kuś J.** 2007. Wstępna ocena produktywności wybranych gatunków roślin energetycznych. *Postępy w Ochronie Roślin*. Nr 47(4). s. 339-346.
- Grzybek A.** 2003. Kierunki wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Energia odnawialna na Pomorzu Zachodnim praca zbiorowa pod red. S. Flejterskiego, P. Lewandowskiego i W. Nowaka. s. 277-288.
- Gunnarson S., Malmberg A., Mathisen B., Theander L., Wünsche U.** 1985. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for biogas production. *Biomass*. Vol. 7. Issue 2. s. 85-97.
- Harasim A.** 1997. Możliwości kompensacji ujemnego wpływu stanowiska na plonowanie i efektywność produkcji pszenicy ozimej. II Efektywność ekonomiczna i energetyczna. *Pamiętnik Puławski* 111. s. 73-87.
- Kallivroussis L., Natsis A., Papadakis G.** 2002. The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. *Biosystem Eng.* Vol. 81, Nr 3. s. 347-354.
- Kamionka J., Kaliński S.** 2009. Nakłady na założenie plantacji wierzby energetycznej. *Problemy Inż. Rolniczej*. Nr 2(64). s.147-152.
- Kwaśniewski D.** 2006. Ocena wybranych technologii uprawy wierzby energetycznej w aspekcie ponoszonych nakładów. *Inżynieria Rolnicza* Nr 3(78). Kraków. s. 217-224.
- Muzalewski A.** 2006. Koszty eksploatacji maszyn, *Biuletyn*, Nr 21. IBMER Warszawa.
- Piskier T.** 2004. Analiza wartości opałowej topinamburu. Raport z badań własnych, PK Koszalin. Maszynopis.
- Roszkowski A.** 2008a. Biomasa kontra rolnictwo. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10(108). s. 201-208.
- Roszkowski A.** 2008. Efektywność energetyczna różnych sposobów produkcji i wykorzystania biomasy. *Studia i Raporty IUNG i PIB* (11). Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce. s. 101-112.
- Starczewski J., Dopka D., Korsak-Adamowicz M.** 2008. Ocena energetycznej efektywności wybranych technologii uprawy żyta jarego. *Acta Agrophysica*. Nr 11(3). 733-739.
- Szczukowski S., Budny J.** 2008. Wierzba krzewiasta – roślina energetyczna [online]. [dostęp 20.09.2008]. Dostępny w Internecie: <http://www.bip.wfosigw.olsztyn.pl>
- Szczukowski S., Kościak B., Kowalczyk-Juśko A., Tworowski J.** 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragmenta Agronomica* (XXIII). Nr 3(91). s. 300-315.
- Węgrzyn A., Zajac G.** 2008. Wybrane aspekty badań efektywności energetycznej technologii produkcji biomasy roślinnej. *Acta Agrophysica* 11(3). s. 799-806.
- Wójcicki Z.**, 2002. Wyposażenie i nakłady materiałowo energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER Warszawa. ISBN 83-86264-62-4.

ENERGY EFFICIENCY OF VARIOUS TECHNOLOGIES OF CULTIVATION OF TOPINAMBOUR TO BE USED FOR FUEL

Abstract. In a field experiment, the quantity and structure of energy expenditure spent for production of topinambour to be used for fuel were compared. The largest amount of energy was consumed by the technology using fertilization by means of compost from sludge (23.67 GJ ha⁻¹). The energy efficiency index for this technology amounted to 3.86. The smallest energy expenditure was spent in the technology using mineral fertilization (15.57 GJ ha⁻¹). At the same time, this technology was characterised by the biggest energy expenditure index, which amounted to 6.51.

Key words: energy efficiency, labour consumption, topinambour

Adres do korespondencji:

Tomasz Piskier; e-mail: piskier@poczta.onet.pl
Katedra Agrotechnologii
Politechnika Koszalińska
ul. Raławicka 15-17
75-526 Koszalin