

SESJA V

**KUKURYDZA JAKO ŹRÓDŁO SUROWCÓW PRZEMYSŁOWYCH I
SPOŻYWCZYCH**

SPIS TREŚCI:

1. **Brotier P.:** Wymagania jakościowe ziarna kukurydzy dla przemysłu młynarskiego
2. **Kawa-Rygielska J., Pietrzak W.:** Fermentacja zacierów kukurydzianych z dodatkiem suszonego wywaru gorzelniczego
3. **Kawa-Rygielska J., Pietrzak W.:** Porównanie wydajności produkcji etanolu z zacierów kukurydzianych o różnym stężeniu surowca
4. **Michalski T., Gładysiak S.:** Porównanie wydajności kukurydzy i topinamburu uprawianych na potrzeby biogazowi
5. **Przybył J., Kowalik I. i in.:** *Analiza technologii zbioru i przechowywania słomy kukurydzianej z przeznaczeniem na substrat do produkcji biogazu*
6. **Waligóra H., Weber A. i in.:** Wpływ warunków pogodowych na plonowanie wybranych odmian kukurydzy cukrowej
7. **Włodek S.:** Wykorzystanie ścieków bytowo – gospodarczych w uprawie kukurydzy
8. **Żabowski M.:** Syngeta – nowoczesne technologie wczoraj i dziś

WYMAGANIA JAKOŚCIOWE ZIARNA KUKURYDZY DLA PRZEMYSŁU MŁYNARSKIEGO

CORN GRAIN QUALITY REQUIREMENTS FOR DRY MILLING INDUSTRY

Pierre Brotier



Wstęp:

Uprawa kukurydzy na świecie zajmuje coraz większe obszar z powodu rosnącego zapotrzebowania różnych kierunków przetwórstwa przemysłowego. Głównymi kierunkami przemysłowocch zastosowań kukurydzy są: produkcja pasz, produkcja etanolu oraz przetwórstwo dla uzyskania produktów żywnościowych (ryc. 1).

Rycina 1. Światowe zużycie kukurydzy w roku 2010/2011 w podziale na żywność i inne środki odżywcze, produkcja paliw (bioetanolu) oraz zużycie paszowe (wg raportów USDA)

Maize Global World Consumption 2010/2011 (mln Tonnes) - USDA reports

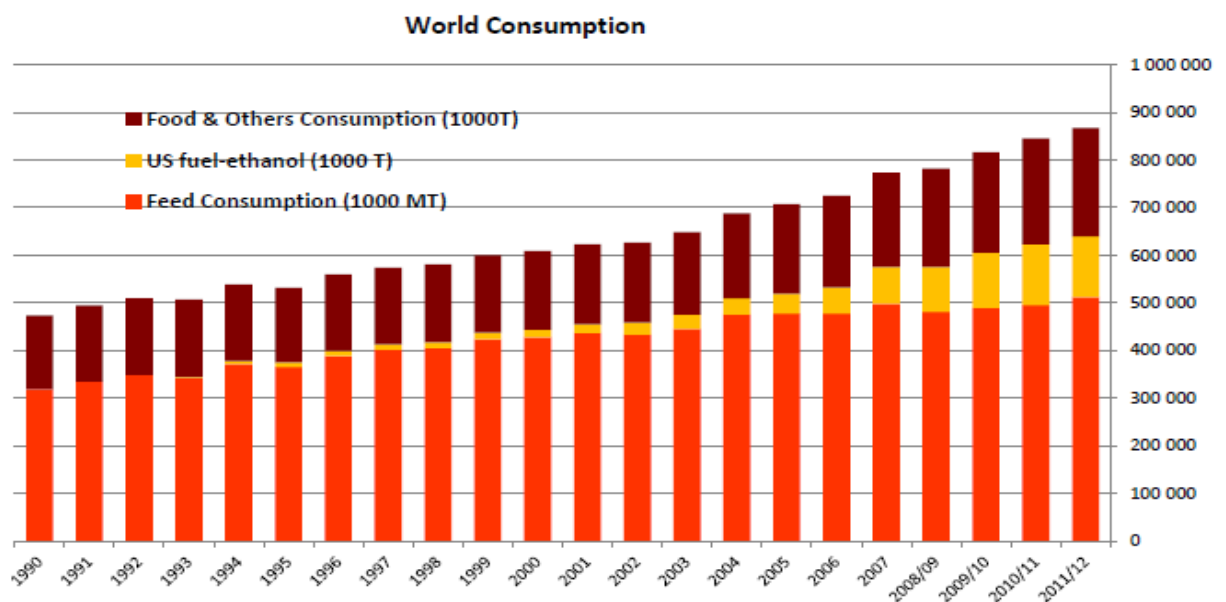


Tabela 1. Światowa produkcja i zużycie ziarna kukurydzy

Table 1 World production and consumption of corn grain

	Produkcja pasz	Produkcja etanolu	Produkcja żywności	Razem mln ton / %
2001	440 72%	20 3%	150 25%	610 100%
2011	510 58%	120 14%	240 28%	870 100%

Na przestrzeni ostatniej dekady, produkcja kukurydzy wzrosła o a 610 do 870 mln ton (przyrost o 260 mln ton), z czego o 100 mln ton wzrosło zużycie dla produkcji etanolu i o 90 mln ton dla produkcji żywności. Tabela 1 pokazuje, że znaczenie kukurydzy dla produkcji żywności nie tylko nie zmniejsza się, a wręcz dalej rośnie w ogólnym podziale jej przemysłowych zastosowań (wzrost z 25 do 28% udziału w całej konsumpcji).

O ile dla produkcji pasz i tym bardziej etanolu parametry jakościowe ziarna kukurydzy mają charakter technologiczny (zanieczyszczenie nieużyteczne, ziarna połamane), o tyle dla produkcji żywności, aspekty zdrowotności ziarna mają przeważające znaczenie. Technologie produkcji żywności nie mają większego wpływu żeby się nimi uporać a wręcz czasami wcale jak w przypadku GMO.

Przemysł młynarski:

W Polsce działają 4 młyny kukurydziane, którzy razem przemielają ok. 200.000 ton kukurydzy rocznie, czyli ok 10% całkowitej produkcja ziarna w Polsce. Rynki zbytu na ich wyroby (grys, kasza, mąka i cornmix) są różnorodne. Produkty przemiału kukurydzy wykorzystywane są do dalszego przerobu w Polsce i zagranicą, jako surowce do produkcji:

- piwa,
- chrupek i płatków śniadaniowych
- żywności dla alergików nhrua gluten
- produkcja „petfoodu” (karma dla zwierząt domowych)
- produkcja pasz.

Młyny kukurydziane potrzebują ziarna odmian typu „Flint” lub „Flint-dent”, czyli ziarna zawierającego jak najwięcej bielma szklistego, w odróżnieniu od bielma mączystego odmian paszowych typu „dent”. Odmiany typu flint/ flint-dent charakteryzują się na ogół niską wartością FAO, czyli indeksu wczesności zbiorów. To są odmiany, które osiągają dojrzałość ziarna we wrześniu, do połowy października i są z tego powodu bardzo dobrze przystosowane do polskiego klimatu. Specyficznym parametrem do określania zawartości szkliwa bielma szklistego w ziarnie kukurydzy jest jego gęstość w stanie zsypanym, podawana w kg/hl.

Suszenie ma kapitalne znaczenie w jakości ziarna. Zbyt wysoka temperatura powoduje uszkodzenie termiczne ziarna (przebarwienia), pęknięcia bielma oraz przesuszenie ziarna (<13%). Dla młyna wilgotność ziarna nie powinna przekraczać 14,5%, co pozwala na długie przechowywanie ziarna w warunkach suchych i chłodnych, oraz na skuteczną obróbkę mechaniczną ziarna w procesie mielenia. W coraz większym stopniu koszty suszenia ziarna mają decydujący wpływ na rentowność uprawy kukurydzy. Oprócz rodzaju źródła energii i efektywności suszarni, bardzo ważny jest okres w którym nastąpi zbiór i suszenie ziarna. We wrześniu aż do połowy października, temperatury dnia i nocy są jeszcze pozytywne z punktu widzenia suszenia (powyżej 10 °C), a wydatek na ogrzewanie powietrza jest tym samym mniejszy.

Jak każde inne zboże, kukurydza jest podatna na atak chorób grzybowych, które zakażają ziarna mykotoksynami. Tabela 2 (poniżej) przedstawia dopuszczalne poziomy mykotoksyn mogących wystąpić na ziarnie kukurydzy:

Tabela 2. Normy dopuszczalnych poziomów mikotoksyn dla ziarna kukurydzy

Table 2. Standards for maximum levels mycotoxins of maize grain

<u>Mykotoksyny</u> : zgodnie z Rozp. WE 1881/2006 oraz 1126/2007 (z wyj. toksyn T-2 i HT-2)	<u>Dopuszczalny poziom</u> [µg/ kg]
Aflatoksyny (suma B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂)	< 10
Ochratoksyna A	< 5
Zearalenon	< 350
Deoksynivalenol (DON)	< 1750
Fumonizyny B1+B2	< 4000
Suma aflatoksyn B1+B2+G1+G2	< 4
Suma toksyn T-2 i HT-2	< 150

Choć mykotoksyny stanowią bardzo ważne zagrożenie zdrowotne, zarówno dla zwierząt gospodarczych, zwierząt domowych, jak i dla ludzi, w polskiej kukurydzy zanotowano jedynie przekroczenia zawartości DON (womitotoksyna) wytwarzanego przez *Fusarium graminearum* (tab. 3). Pozostałe mykotoksyny nie występowały powyżej dopuszczalnych poziomów. Ich większe nasilenie obserwuje się w cieplejszych rejonach, zwłaszcza w krajach tropikalnych.

Tabela 3. Wyniki oceny zawartości mikotoksyn na ziarnie kukurydzy z Dolnego Śląska i Opolszczyzny

Table 2. Results of the assessment of mycotoxins content in grain maize from the Lower Silesia and Opole

Surowiec- Ziarno kukurydzy [$\mu\text{g}/\text{kg}$]

Toksyna	Norma UE	Zbiory 2009*	Zbiory 2010*	Zbiory 2011*
Deoksynivalenol (DON)	<1750	560- 3000	360- 4400	30- 4300
Zearelenon (ZEA)	<350	0-330	1-215	1-280
Suma Aflatoksyn (B1,B2,G1,G2)	<10	<0,30	<0,30	<0,30
Ochratoksyna A	<5	<0,15	<0,15	<0,15
Fumonizyny B1+B2	<4000	<50	<50	<50

* Testy Elisa i HPLC

Problematyka GMO sprawia, że budzi więcej emocji niż stanowi zagrożenie dla zdrowia konsumentów. Natomiast stanowi to problem dla przemysłu przetwórczego. Młyny kukurydzy muszą przestrzegać się przed przyjęciem takiego ziarna pod naciskiem specyfikacji klientów. Analiza na podstawie testów Elisa pozwala na szybkie wykrywanie obecności GMO w ziarnie.

FERMENTACJA ZACIERÓW KUKURYDZIANYCH Z DODATKIEM SUSZONEGO WYWARU GORZELNICZEGO

FERMENTATION OF CORN MASHES WITH ADDITION OF DRIED DISTILLERS GRAINS WITH SOLUBLES (DDGS)

Joanna Kawa-Rygielska, Witold Pietrzak

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Obecnie najczęściej wykorzystywanym materiałem do produkcji etanolu paliwowego jest kukurydza. Ze względu na dużą zawartość skrobi stanowi ona wartościowy surowiec gorzelniczy. Natomiast z powodu niskiej zawartości białka konieczne jest uzupełnianie kukurydzianych podłoży fermentacyjnych (zacierów) w dodatkowe substancje azotowe stanowiące pożywkę dla drożdży. Potencjalnym dodatkiem technologicznym stymulującym proces fermentacji może być wywar gorzelniczy powstający po destylacji alkoholu. Skład chemiczny wywarów gorzelniczych uzależniony jest od rodzaju surowca użytego w gorzelnii, zazwyczaj zawiera on do 10 % suchej substancji w której skład wchodzi białka, tłuszcze, polisacharydy nieskrobiowe, biomasa martwych drożdży oraz pewna ilość cukrów nieprzefermentowanych. Wywar gorzelniczy, w postaci mokrej lub wysuszonej (tzw. DDGS), przeznaczany jest głównie jako dodatek do pasz. W praktyce przemysłowej wykorzystywane są niekiedy ciekłe frakcje wywaru jako zamiennik części wody technologicznej w trakcie procesu zacierania. Ponowne wykorzystanie DDGS w gorzelnii, jako dodatek do zacierów, może doprowadzić do zwiększenia wydajności produkowanego etanolu i zmniejszenia ilości produkowanych przez gorzelnię odpadów.

Celem badań było zbadanie wpływu dodatku suszonego wywaru gorzelniczego do zacierów kukurydzianych na przebieg procesu fermentacji alkoholowej.

Przygotowano zacierzy zawierające 20% mas. zmielonego ziarna kukurydzy odmiany KB 1902 z dodatkiem 5, 10 i 15 % mas. zmielonego suszonego wywaru gorzelniczego DDGS. Próbę kontrolną przygotowano bez dodatku suszonego wywaru. Zacieranie przeprowadzono metodą bezcisnieniowego uwalniania skrobi z wykorzystaniem komercyjnych preparatów enzymatycznych. Uzyskane zacierzy zaszczipiono drożdżami *Saccharomyces cerevisiae* Ethanol Red w ilości 1 g suchej masy drożdży/ 1 kg zacieru i poddano fermentacji metodą okresową w temperaturze 30°C w czasie 60 h. W trakcie fermentacji oznaczano: dynamikę procesu na podstawie ilości wydzielonego CO₂ oraz stężenie etanolu z wykorzystaniem wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC).

Na podstawie oznaczenia dynamiki fermentacji stwierdzono, że dodatek DDGS spowodował znaczne zwiększenie intensywności wydzielania dwutlenku węgla z podłoży fermentacyjnych w pierwszej dobie procesu w porównaniu do próby kontrolnej. Ilość wydzielonego CO₂ w próbach z dodatkiem suszonego wywaru wynosiła po tym czasie powyżej 90% masy całkowitej (ok. 80% w przypadku próby kontrolnej). Niezależnie od ilości dodanego DDGS do zacierów, po drugiej dobie fermentacji ilość wydzielonego CO₂ wynosiła powyżej 99% całkowitej ilości.

We wszystkich badanych próbach największa ilość alkoholu została wytworzona w trakcie pierwszej doby procesu. Najwyższe stężenie etanolu uzyskano w próbie z dodatkiem DDGS na poziomie 10% (8,79% vol.), podczas gdy po tym samym czasie ilość alkoholu w próbie kontrolnej wynosiła 5,74% vol. W przypadku prób suplementowanych wywarem całkowita ilość etanolu została wytworzona już po 48 h fermentacji, natomiast w przypadku próby kontrolnej produkcja etanolu przez drożdże trwała do końca procesu. Końcowe stężenia alkoholu w badanych próbach były podobne i wynosiły od 8,64 (kontrola) do 9,21% vol. (dodatek 10% DDGS).

Racjonalna gospodarka odpadami przemysłowymi jest obecnie dużym problemem. W niniejszej pracy zaproponowano ponowne wykorzystanie suszonego wywaru gorzelniczego jako dodatku surowcowego w procesie zacierania. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że suplementacja podłoży fermentacyjnych spowodowała polepszenie dynamiki fermentacji oraz dynamiki produkcji etanolu przez drożdże. Praktyczne wykorzystanie wywaru w postaci suszonej jest nieopłacalne ze względu na wysokie koszty suszenia. Dlatego w praktyce przemysłowej może zostać wykorzystany wywar w postaci mokrej, bezpośrednio po oddestylowaniu zacieru. Jego dodatek w takiej formie może służyć zarówno jako zamiennik części wody technologicznej, czynnik zwiększający temperaturę w kadzi zaciernej oraz źródło substancji azotowych dla drożdży i (po dodatkowej hydrolizie) pewnej ilości dodatkowych cukrów prostych.

PORÓWNANIE WYDAJNOŚCI PRODUKCJI ETANOLU Z ZACIERÓW KUKURYDZIANYCH O RÓŻNYM STĘŻENIU SUROWCA

COMPARISON OF ETHANOL PRODUCTION EFFICIENCY FROM CORN MASHES AT DIFFERENT CONCENTRATIONS OF RAW MATERIAL

Joanna Kawa-Rygielska, Witold Pietrzak

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Jednym z podstawowych parametrów technologicznych produkcji etanolu jest stężenie podłoża fermentacyjnego (zacieru). Dobór odpowiedniego stężenia zacierów uzależniony jest od stanu aparatury w gorzelnii oraz rasy użytych drożdży. W praktyce przemysłowej typowe stężenie zacierów zbożowych wynosi ok. 20-25% mas. surowca, co pozwala na uzyskanie końcowej zawartości etanolu w granicach 8-11% vol. Obecnie, w technologii gorzelnictwa, dużo uwagi poświęca się badaniom procesu fermentacji podłoży o bardzo wysokim stężeniu - powyżej 30%. Zastosowanie takich stężeń podłoży pozwala na uzysk nawet powyżej 20% vol. etanolu, wymaga to jednak stosowania specjalnych szczepów drożdży odpornych zarówno na wysokie stężenie cukrów i alkoholu oraz dodatkowych zabiegów technologicznych.

Celem pracy było porównanie przebiegu procesu fermentacji oraz wydajności etanolu z zacierów kukurydzianych o stężeniu 20 i 36% mas. surowca.

Materiałem użytym w badaniach było ziarno kukurydzy odmiany KB 1902 o zawartości skrobi 74,79 g/100g suchej masy i wilgotności 8,91%. Ziarno mielono w młynie laboratoryjnym i poddano zacieraniu z wykorzystaniem handlowych preparatów enzymatycznych. Przygotowano dwa warianty stężenia zacierów: 20 i 36% mas. surowca, które poddano fermentacji okresowej z wykorzystaniem drożdży *Saccharomyces cerevisiae* Ethanol Red w ilości 1 g s.m./kg zacieru. W trakcie fermentacji kontrolowano przebieg procesu poprzez pomiar dynamiki wydzielania CO₂ z podłoży oraz oznaczenie stężenia etanolu wykorzystując metodę wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC. Po zakończeniu fermentacji oznaczono zawartość etanolu poprzez podwójną destylację z parą wodną i pomiar gęstości uzyskanego destylatu. Obliczono parametry wydajności praktycznej etanolu w przeliczeniu na 100 g skrobi w surowcu.

Na podstawie oznaczenia dynamiki fermentacji stwierdzono, że proces przebiega znacznie szybciej w zacierach o stężeniu 20% mas. kukurydzy. Około powyżej 90% dwutlenku węgla zostało wydzielone z zacierów o niższym stężeniu już po ok. 48 h fermentacji, w zacierach o wyższym stężeniu po tym samym czasie wydzielone zostało ok. 80% CO₂. Stwierdzono

również, że proces fermentacji zacierów o stężeniu 20% mas. kukurydzy mógł zostać zakończony po 3 dniach, natomiast w przypadku wyższego stężenia podłoż fermentację należało wydłużyć do 4 dni.

Dynamika wytwarzania etanolu przez zastosowany szczep drożdży była wyższa w zacierach o 36% stężeniu, w początkowych fazach fermentacji. Zaobserwowano jednak, że w podłożach o 20% zawartości kukurydzy, całkowita ilość etanolu została wytworzona już po 48 h fermentacji, natomiast, drugim wariantcie stężenia podłoż, produkcja alkoholu trwała do końca procesu.

Po zakończeniu fermentacji zaobserwowano niemal dwukrotnie wyższą zawartość alkoholu etylowego w zacierach o stężeniu 36% mas. kukurydzy (Tabela. 1.). Obliczona wydajność praktyczna fermentacji była natomiast wyższa (o ok. 4,5%) w zacierach o stężeniu 20% mas., co świadczyło o wyższym stopniu odfermentowania cukrów dostępnych w uzyskanych podłożach.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w wyniku fermentacji zacierów kukurydzianych o wysokich stężeniach surowca możliwe jest uzyskiwanie wysokich stężeń etanolu. Natomiast w celu poprawy wydajności oraz dynamiki fermentacji konieczne są dodatkowe zabiegi technologiczne (np. dodatkowa hydroliza enzymatyczna lub wzbogacanie zacierów w substancje odżywcze dla drożdży), które pozwolą przyspieszyć proces oraz obniżyć koszty produkcji.

Tabela. 1. Stężenie etanolu i wydajność praktyczna procesu fermentacji zacierów kukurydzianych o stężeniu surowca 20 i 36% mas.

Table. 1. Ethanol concentration and fermentation process practical yield of corn mashes at raw material concentrations of 20 and 36% mas

Stężenie zacieru [% mas.]	Zawartość alkoholu po fermentacji [% vol.]	Wydajność praktyczna etanolu [%]
20	8,11	82,28
36	15,65	77,91

PORÓWNANIE WYDAJNOŚCI KUKURYDZY I TOPINAMBURU UPRAWIANYCH NA POTRZEBY BIOGAZOWNI

COMPARING THE EFFICIENCY OF MAIZE AND HELIANTHUS TUBEROSUS CULTIVATED FOR BIOGAS INSTALLATIONS

Tadeusz Michalski, Stanisław Gładysiak

UP Poznań

Doświadczenia europejskie wyraźnie wskazują, że najważniejszym źródłem substratów odnawialnych surowców dla przemysłu jest uprawa kukurydzy. W bioenergetyce kukurydza stanowi doskonały substrat dla produkcji bioetanolu i biogazu, a także wydajny surowiec do spalania w elektrowniach. Jej szerokie zastosowanie, a zwłaszcza dominacja w produkcji surowców dla biogazu (70-80% w niemieckich biogazowniach) budzi jednak szereg kontrowersji i zastrzeżeń, odnośnie ograniczenia bioróżnorodności, częstych upraw monokulturowych czy nawet pogorszenia walorów krajobrazowych. Szukać należy więc wydajnych roślin, które stanowić mogą nie tyle alternatywę, ale uzupełnienie kukurydzy. Taką rośliną może być topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), zwany też słonecznikiem bulwiastym, w którym wykorzystywać można zarówno plon nadziemny, jak i podziemny (kłąby).

Duże zainteresowanie topinamburem obserwuje się w rolnictwie ekologicznym. W wielu rejonach obserwuje się stopniowe przechodzenie na produkcję ekologiczną, ze względów komercyjnych (wysokie dopłaty w UE), jak i rosnący popyt na żywność produkowaną metodami ekologicznymi, wynikający ze zmian stylu życia i odżywiania. Wysokie ceny i duża konkurencja na rynku krajowym i europejskim powoduje niekiedy problemy finansowe. Rozwiązaniem dla ekonomii i poprawy bioróżnorodności może być rozwój biogazowni w gospodarstwach ekologicznych, które nie tylko dobrze zagospodarują wszelkie produkty uboczne i odpady roślinne, ale również wzmocnią kondycje finansową gospodarstw.

Wysoka na 2-4 m roślina topinamburu, mająca szerokie liście i rozległy system korzeniowy, na którym wytwarza bulwy, może być rośliną: jadalną (bulwy); paszową (pędy i bulwy); rośliną energetyczną, a także rośliną dekoracyjną i przeciwerozyjną. Jako roślina energetyczna topinambur może być wykorzystywany do:

- produkcji etanolu (bulwy)

- produkcji biogazu: pędy (bezpośrednio lub po zakiszeniu) oraz bulwy
- spalania bezpośredniego – pędy surowe, bądź dopiero po przetworzeniu na brykiet czy pelety

W oparciu o wyniki szeregu doświadczeń realizowanych w Wielkopolsce w latach 2007-2011 podjęto próbę oceny średniej wydajności topinamburu, użytkowanego zarówno na zbiór pędów nadziemnych oraz bulw. Rośliną porównawczą była kukurydza zbierana na kiszonkę, ewentualnie na CCM. Ze względu na to, że część doświadczeń polowych realizowana była w gospodarstwach ekologicznych, możliwe było porównanie wydajności kukurydzy i topinamburu w dwóch systemach gospodarowania.

Analizowano plony roślin, ich strukturę oraz skład chemiczny pędów i bulw topinamburu oraz słomy, kolb i całych roślin kukurydzy. W oparciu o wzory podane przez Kastner (2011) wyliczono średnią wydajność biogazu z pędów i bulw topinamburu oraz z kukurydzy.

Stwierdzono, że skład chemiczny zarówno topinamburu jak i kukurydzy w gospodarstwach ekologicznych różnił się od wyników z uprawy konwencjonalnej, jak i danych tabelarycznych. Rośliny te uprawiane w systemie ekologicznym zawierały mniej białka, zaś więcej bezazotowych wyciągowych i na ogół też więcej włókna surowego.

Nadziemna część topinamburu zbierana na biomasę ustępowała znacząco kukurydzy pod względem plonów suchej masy, wydajności jednostkowej metanu, jak też i plonu metano możliwego do uzyskania z 1 ha (tab. 1). Różnica ta w gospodarstwie ekologicznym była jednak zdecydowanie mniejsza, niż przy uprawie konwencjonalnej. W przypadku zbioru na bulwy wydajność energetyczna topinamburu w gospodarce konwencjonalnej i ekologicznej była o około połowę mniejsza niż kukurydzy, i co ciekawe - różnica na korzyść kukurydzy była większa w uprawie ekologicznej.

Jeśli przyjąć (ze wszystkimi ograniczeniami), że możliwy jest zbiór topinamburu zarówno na biomasę nadziemną, a później zbiór bulw; wydajność tej rośliny okazała się o ok. 25% wyższa niż kukurydzy. Plon metanu uzyskany w systemie konwencjonalnym był jednak tylko o 5% wyższy niż z kukurydzy, natomiast w ekologicznym topinambur przewyższał kukurydżę o 13%.

Literatura

- Kastner A. 2011. Einfluss augewaehter Kohlenstofffraktionen unterschiedlicher Einsatzsubstrate auf deren Biogas- and Methanertrag. Mat. z Abteilungskolloquium in der Theuringer Landesanstalt fuer Landwirtschaft Jena
- Zbiorowa 2003. Biopaliwa, Redakcja P. Gradziuk. Wydawnictwo AR Lublin

Tabela 1. Plony suchej masy i wydajność metanu z topinamburu i kukurydzy

Table 1. Dry matter yield and efficiency of methane from Helianthus tuberosus and maize

Tabela 2. Plony suchej masy i wydajność metanu z sorga i kukurydzy				
Forma gospodarowania	Substrat	Plon suchej masy - średni	Wydajność metanu NI/kg SMO	Plon metanu Nm ³ /ha
Konwencjonalne	Topinambur pędy	11,8	299,4	3351,0
	Topinambur bulwy	14,9	432,2	5879,3
	Topinambur -cały	26,7	731,6	9230,3
	Kukurydza cała roślina	21,3	432,2	8807,4
Ekologiczne	Topinambur pędy	8,7	299,4	2416,9
	Topinambur bulwy	5,1	372,7	1788,7
	Topinambur -cały	13,7	672,1	4205,6
	Kukurydza cała roślina	10,8	361,4	3732,1

*- wg Kastner 2011

**ANALIZA TECHNOLOGII ZBIORU I PRZECHOWYWANIA SŁOMY
KUKURYDZIANEJ Z PRZEZNACZENIEM NA SUBSTRAT DO PRODUKCJI
BIOGAZU**

***ANALYSIS OF THE TECHNOLOGIES OF HARVESTING AND STORAGE CORN
STOVER FOR USE AS A SUBSTRATE FOR BIOGAS PRODUCTION***

**Jacek Przybył, Ireneusz Kowalik, Jacek Dach, Dawid Wojcieszak,
Natalia Mlioduszewska**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Inżynierii Rolniczej

Wstęp

Planowany wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii w finalnym krajowym zużyciu energii do 15% w roku 2020 oraz dalszy wzrost tego wskaźnika w latach następnych powoduje coraz większe zapotrzebowanie na biomasę. Biomasa zużywana na cele energetyczne może być bezpośrednio spalana oraz przetwarzana na biopaliwa ciekłe i gazowe. W procesie produkcji biogazu największe znaczenie mają substraty pochodzenia roślinnego. Głównym substratem roślinnym wykorzystywanym do produkcji biogazu w biogazowniach rolniczych jest obecnie kiszonka z kukurydzy. Jednakże ze względu na ciągle zwiększające się koszty jej uprawy, zbioru, konserwacji i przechowywania, zachodzi potrzeba poszukiwania alternatywnych rodzajów biomasy oraz pozostałości pochodzenia roślinnego do zaopatrywania biogazowni rolniczych. Według Michalskiego [2009], taką możliwość daje tzw. skojarzona produkcja kukurydzy polegająca na równoległym wykorzystaniu jednego pola zarówno do produkcji paszy jak i surowca do produkcji biogazu. W takiej technologii uzyskuje się ziarno paszowe oraz pozostającą słomę, która można być wykorzystana jako surowiec do produkcji biogazu.

Celem niniejszych badań była ocena eksploatacyjna technologii zbioru słomy kukurydzianej oraz jej konserwowania dla potrzeb produkcji biogazu.

Metodyka badań

W 2011 roku przeprowadzono badania eksploatacyjne maszyn podczas zbioru słomy kukurydzianej po zbiorze kukurydzy na ziarno paszowe z wykorzystaniem maszyn (tab. 1). Charakterystykę eksploatacyjną badanych maszyn wykonano na podstawie chronometrażu oraz ilości wykonanej pracy według normy BN-76/9195-01, natomiast wskaźniki eksploatacyjne określono zgodnie z normą „Metody badań eksploatacyjnych” BN-77/9195-02.

Tabela 1. Wskaźniki eksploatacyjne uzyskane przez badane agregaty maszynowe podczas zbioru i konserwacji słomy kukurydzianej w 2011 roku.

Etapy w technologiach	Nazwa zabiegu	Agregat maszynowy		Wskaźniki	
		Ciągnik	maszyna	W ₀₇ ha/h	rbh/ha
Zbiór ziarna kukurydzy	Zbiór kombajnem z adapterem rozdrabniająco-rzędującym słomę	-	Claas Lexion 580	2,5	0,40
	Zbiór kombajnem z adapterem rozdrabniającym słomę	-	Claas Lexion 480	2,5	0,40
Zgrabianie słomy	Zgrabianie zgrabiarką karuzelową	Ursus 1614	Claas Liner 740	2,5	0,40
Zbiór słomy	Zbiór prasą zwijającą	Ursus 1014	New Holland 644	0,8	1,25
	Zbiór przyczepą samozbierającą – wyładunek na pryzmie	John Deere 8230	Pöttinger Jumbo 7200	1,28	0,78
	Zbiór przyczepą samozbierającą – wyładunek do prasy AG Bag G 7000	John Deere 8230		1,14	0,87
Załadunek	Ładowacz czołowy/ładowarka teleskopowa		JCB 541	2,0	0,500
Transport	Przyczepa skrzyniowa	Ursus 934	Pronar T026	1,0	1,00
Rozładunek	Ładowacz czołowy/ładowarka teleskopowa		JCB 541	2,0	0,50
Konserwacja	Owijanie folią	Ursus 934	Sipma Tekla OZ 5000	0,7	1,42
	Pakowanie do worków		JCB 541 + 2 osoby	1,0	3,0
	Zakiszanie na pryzmie	John Deere 8520	JCB 541	1,28	0,64 0,64
	Zakiszanie w rękawie foliowym	New Holland T6050	AG Bag 7000	1,14	0,78

Tabela 2. Nakłady roboczogodzin w technologiach zbioru słomy kukurydzianej

Nazwa zabiegu	Agregat maszynowy		Wskaźniki	
	ciągnik	maszyna	W ₀₇ ha/h	rbh/ha
Technologia I				
Zbiór kombajnem z adapterem rozdrabniająco-rzędującym słomę	-	Claas Lexion 580	2,5	0,4
Zbiór prasą zwijającą	Ursus 1014	New Holland 644	0,8	1,25
Załadunek		JCB 541	2,0	0,500
Transport przyczepą skrzyniową	Ursus 934	Pronar T026	1,0	1,00
Rozładunek i przeładunek		JCB 541	2,0	0,500
Owijanie folią	Ursus 934	Sipma Tekla OZ 5000	0,7	1,42
Roboczogodziny w technologii I			5,07	
Technologia II				
Zbiór kombajnem z adapterem rozdrabniającym słomę	-	Claas Lexion 480	2,5	0,40
Zgrabianie zgrabiarka karuzelową	Ursus 1614	Claas Liner 740	2,5	0,40
Zbiór prasą zwijającą	Ursus 1014	New Holland 644	0,8	1,25
Załadunek		JCB 541	2,0	0,500
Transport przyczepą skrzyniową	Ursus 934	Pronar T026	1,0	1,00
Pakowanie do worków		JCB 541 + 2 osob.	1,0	3,0
Rozładunek i składowanie		JCB 541	2,0	0,500
Roboczogodziny w technologii II			7,05	
Technologia III				
Zbiór kombajnem z adapterem rozdrabniającym słomę	-	Claas Lexion 480	2,5	0,40
Zgrabianie zgrabiarka karuzelową	Ursus 1614	Claas Liner 740	2,5	0,40
Zbiór przyczepą samozbierającą – wyładunek do prasy AG Bag G 7000	John Deere 8230	Pöttinger Jumbo 7200	1,28	0,78
Zakiszanie na przyzmię	John Deere 8520	JCB 541	1,28	0,64 0,64
Roboczogodziny w technologii III			2,86	
Technologia IV				
Zbiór kombajnem z adapterem rozdrabniającym słomę	-	Claas Lexion 480	2,5	0,40
Zgrabianie zgrabiarka karuzelową	Ursus 1614	Claas Liner 740	2,5	0,40
Zbiór przyczepą samozbierającą – wyładunek do prasy AG Bag G 7000	John Deere 8230	Pöttinger Jumbo 7200	1,14	0,87
Zakiszanie w rękawie foliowym	New Holland T6050	AG Bag 7000	1,14	0,87
Roboczogodziny w technologii IV			2,54	

Podsumowanie

Badane technologie zbioru słomy kukurydzianej różnią się znacząco nakładami robocizny. Najmniejsze nakłady roboczogodzin na 1 ha stwierdzono dla technologii nr IV, w której zbiór kukurydzy był realizowany kombajnem wyposażonym w adapter rozdrabniający, formowanie wałów karuzelową, zbiór słomy przyczepą samozbierającą, a konserwacja prasą silosującą. Największe nakłady robocizny były w technologii II, w której do formowania wałów słomy zastosowano zgrabiarkę karuzelową, zbiór wykonano prasą zwijającą, załadunek i przeładunek ładowarką teleskopową, transport przyczepą skrzyniową i 2 osoby ręcznie pakowały bele w worki foliowe. Zastosowanie kombajnu z przystawką rozdrabniająco-rzędującą pozwoliło by na zmniejszenie nakładów robocizny o 0,4 rbh/ha.

WPLYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA PLONOWANIE WYBRANYCH ODMIAN KUKURYDZY CUKROWEJ (*ZEA MAYS SSP. SACCHARATA*)

*EFFECT OF WEATHER CONDITIONS ON THE YIELD OF SELECTED VARIETIES OF SWEET CORN (*Zea mays ssp. saccharata*)*

Hubert Waligóra, Anna Weber, Witold Skrzypczak

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Agronomii

Kukurydza jest rośliną, która charakteryzuje się gromadzeniem dużej ilości suchej masy w stosunkowo krótkim okresie czasu. Ponieważ gatunek ten wytwarza w okresie wegetacji bardzo duży i sprawny aparat asymilacyjny, potrzeby wodne i termiczne są wysokie. Mimo postępu hodowlanego, który wydatnie zmniejszył wymagania cieplne kukurydzy, roślina ta nadal ma znaczne potrzeby termiczne zarówno w stosunku do gleby, jak i powietrza. Ważnym czynnikiem pogodowym wpływającym znacząco na wzrost roślin jest dostępność wody. Potrzeby wodne kukurydzy, mimo oszczędnej gospodarki i niskiego współczynnika transpiracji są wysokie. Wiele źródeł podaje, iż w okresie od siewu do osiągnięcia przez kukurydżę pełnej dojrzałości najważniejszym czynnikiem meteorologicznym kształtującym plon jest temperatura. Natomiast w okresie początkowego rozwoju, od siewu do wykształcenia kilku liści (kwiecień – maj), szczególnie znaczenie może mieć ilość wody.

W Polsce występują korzystne warunki do uprawy kukurydzy cukrowej. W większości regionów wymagania klimatyczne tej rośliny są w pełni zaspokojone. Najlepsze warunki, sprzyjające uzyskiwaniu wysokich i opłacalnych plonów występują na zachodzie i południu kraju, natomiast na terenach górskich i podgórszych uprawa kukurydzy jest niewskazana. Celem prowadzonego doświadczenia była ocena wpływu opadów atmosferycznych oraz temperatury na plonowanie kilku odmian kukurydzy cukrowej.

Doświadczenie prowadzono w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń z filią w Swadzimiu, w latach 2009 - 2011. Oceniano dziesięć odmian kukurydzy cukrowej: Basin, Candle, Challenger, Harvest Gold, Naziha, Overland, Rebbeca, Rustler, Sweet Nugget oraz Sweet Trophy. Doświadczenie zaplanowano w rozkładzie split-plot, w czterech powtórzeniach. W trakcie wegetacji roślin zbierano dane meteorologiczne: minimalną i maksymalną temperaturę dobową (°C) oraz opady atmosferyczne (mm). Następnie obliczono średnią temperaturę oraz sumę opadów atmosferycznych za okres od siewu do dojrzałości mlecznej, dla każdej z badanych odmian. Po osiągnięciu przez rośliny dojrzałości

mlecznej przeprowadzono ręczny zbiór kolb, które zważono je (kg/ha). Analizę wariancji oraz obliczenia współczynnika korelacji i regresji przeprowadzono za pomocą programu Statistica 10.

Wyniki badań wykazały proporcjonalną zależność pomiędzy opadami atmosferycznymi, temperaturą oraz plonem dziesięciu odmian kukurydzy cukrowej. Współczynnik korelacji wskazał na silniejszą zależność pomiędzy średnią temperaturą a plonem niż sumami opadów atmosferycznych a plonem. Ponadto, na podstawie wyliczonego współczynnika regresji stwierdzono, że oszacowany model pozwala wyjaśnić około 37% zmienności plonowania. Wyniki wykazały, że dziesięć odmian kukurydzy cukrowej różniło się pod względem plonowania w każdym roku badań. Najwyżej plonowały odmiany: Rebecca oraz Rustler, natomiast najniżej Naziha.

WYKORZYSTANIE ŚCIEKÓW BYTOWO-GOSPODARCZYCH W UPRAWIE KUKURYDZY

USE OF DOMESTIC SEWAGE IN IRRIGATION OF MAIZE GROWING

**Stanisław Włodek, Tomasz Sekutowski, Katarzyna Pawęska, Andrzej Biskupski,
Janusz Smagacz**

Streszczenie

Obecnie istnieje wręcz nie ograniczone zapotrzebowanie na energię odnawialną. W warunkach Polski jednym z głównych źródeł pozyskiwania odnawialnej energii jest biomasa roślin, która może być przeznaczona do bezpośredniego spalania lub stanowić surowiec do wytwarzania biopaliwa lub biogazu (Polityka energetyczna... 2010). Prace badawcze wykazały korzystny wpływ nawodnień ściekami zarówno na plonowanie roślin jak oczyszczanie ścieków w środowisku glebowym (Kutera 1988, Kuczewski i Paluch 1996). Obowiązujące prawo określa warunki jakie należy spełnić przy wykorzystaniu ścieków do nawodnień (Rozporządzenie Ministra Środowiska ...). W latach 2009 i 2011 przeprowadzono eksperyment z nawadnianiem kukurydzy ściekami bytowo gospodarczymi. Doświadczenie prowadzono na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego w warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska w miejscowości Biskupice Oławskie, położonej przy granicy województwa opolskiego. Celem pracy było określenie wpływu systematycznego nawadniania ściekami na plonowanie kukurydzy. W okresie wegetacyjnym stosowano dawkami polewowe 10 mm w odstępach tygodniowych.

W latach prowadzenia badań okres wegetacyjny charakteryzował się dużą ilością opadów, znacznie większą od średniej z wielolecia 1956-2009. W roku 2009 sumy opadów w czerwcu i lipcu a w roku 2011 również w sierpniu znacznie przekraczały wartości optymalne dla kukurydzy (tab.1). Pomimo nadmiaru wody nie zaobserwowano niekorzystnych zmian w rozwoju roślin. Nawadnianie ściekami przyczyniło się do zwiększenia plonu roślin (tab.2). Kolby kukurydzy nawadnianej charakteryzowały się nieznacznie większą długością oraz średnicą a także masą ziarna. Masa tysiąca nasion roślin nawadnianych była istotnie większa. Podobne efekty w plonowaniu kukurydzy uzyskali Dudek i Źarski (2005), jednak otrzymane przyrosty plonu ziarna nie zapewniały opłacalności nawadniania. Przykład efektywnego rozwiązania produkcji roślinnej, w tym uprawy kukurydzy, na cele energetyczne w Austrii przetacza Denisiuk (2006).

Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wykorzystania plantacji kukurydzy do odbioru wstępnie oczyszczonych ścieków bytowo-gospodarczych systematycznie dostarczanych w odstępach siedmiodniowych. Pozytywne efekty otrzymano w latach charakteryzujących się dużą ilością opadów w okresie wegetacji, znacznie przekraczających potrzeby wodne uprawianej rośliny.

Słowa kluczowe: kukurydza, ścieki, nawadnianie

LITERATURA

1. Dudek S., Żarski J. 2005: Ocena efektów zastosowania nawadniania w uprawie kukurydzy na ziarno. Inż., Roln. 3/63: 159-164
2. Denisiuk W. 2006: Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. Inż. Roln. 5: 123-131.
3. Kuczewki K., Paluch J. Skuteczność usuwania biogenów w oczyszczalni typu roślinno-glebowego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 1996, Konferencje XIII (tom I) nr 293, ss.77-86.
4. Kutera J. Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. PWRiL Warszawa 1988. 509 ss.
5. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki 2010.
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. Nr 137, poz. 984.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne.
Table 1. Weather conditions.

Rok/Miesiąc – Year/Month	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	Temperatura powietrza - air temperature (°C)					
2009	11,3	13,8	15,6	19,5	18,9	14,7
2011	10,8	13,9	18,7	17,5	18,5	14,9
	Opad – precipitation (mm)					
2009	24,7	65,7	180,8	145,1	50,4	15,7
2011	28,1	46,8	107,1	145,5	81,0	28,4
	Optymalne wg. Klatta - optimal according to Klatt					
Temperatura powietrza - air temperature (°C)	13	16	18	17	14	
Opad – precipitation (mm)	50	60	70	65	50	

Tabela 2. Średni plon roślin - ciężar kg/roślinę.
Table 2. Average yield of plants - weight kg/plant.

Obiekt Object	Rok - Year	
	2009	2011
Nie nawadniane - not irrigation	0,34	0,40
Nawadniane - irrigation	0,43	0,45
NIR _(0,05) - LSD _(0,05)	0,09	r.n.

NIR – najmniejsza istotna różnica

LSD – least significant difference

r.n. – różnica nieistotna, insignificant difference

