

Ewa KASZKOWIAK¹, Jerzy KASZKOWIAK²

e-mail ekasz@utp.edu.pl

¹ Katedra Agrotechnologii, Wydział Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz² Instytut Eksploatacji Maszyn i Transportu, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Plon i wydajność bioetanolu z kukurydzy w warunkach gleb lekkich

Wstęp

Możliwość różnorodnego wykorzystania kukurydzy gwarantuje jej obecność w różnych systemach produkcyjnych, stanowiąc cenne źródło surowców dla różnych gałęzi przemysłów i będąc doskonałą paszą dla zwierząt.

Kukurydza bardzo oszczędnie gospodaruje wodą, ale głównym czynnikiem ograniczającym jej plonowanie w Polsce są właśnie niskie opady [Michalski, 2009], ma średnie wymagania glebowe, a powierzchnia jej uprawy zwiększa się obecnie po załamaniu na początku lat 90 ubiegłego wieku. W latach 2000–2011 nastąpił dynamiczny wzrost powierzchni uprawy tego gatunku (od 314 do 731 tys. ha), a potencjalna powierzchnia może wynieść nawet 1,5÷2 mln ha [Michalski, 2009].

Przyszłościowym kierunkiem wykorzystania kukurydzy staje się produkcja na cele energetyczne (biogaz, bioetanol; spalanie ziarna, słomy czy rdzeni kolbowych). Istnieje również możliwość przerobu na bioetanol nie suszonego ziarna kukurydzy, co wyraźnie zwiększa konkurencyjność tego gatunku [Michalski i in., 2007].

Duża zawartość skrobi w ziarnie pozwala uzyskać wysokie wydajności alkoholu w porównaniu z innymi zbożami [Kawa-Rygielska, 2007].

Wśród zalet kukurydzy, jako surowca w gorzelnictwie, wyróżnia się głównie: wysokie plonowanie, przydatność do zagospodarowania odłogów, dwukrotnie większe plony od innych zbóż uzyskiwane na glebach słabych, możliwość zagospodarowania ziarna gorszej jakości, ponieważ charakteryzuje się wysoką wydajnością gorzelniczą i wysoką wartością paszową wywarów [Michalski, 2007].

Zarówno wysokość plonów, jak też wydajność energetyczna potwierdzają niekwestionowaną przydatność tego gatunku do produkcji biomasy na potrzeby ciepłowni, elektrociepłowni i biogazowni rolniczych [Burczyk, 2011].

Według badań przeprowadzonych w Niemczech dodatek kizzonki z kukurydzy w znacznym stopniu zwiększa wydajność energetyczną biogazowni, a tym samym wpływa na wzrost opłacalności produkcji biogazu. Kukurydza, jako stymulator procesu fermentacji, może także znacząco ułatwić utylizację gnojowicy i osadów ściekowych.

Etanol pozyskany z ziarna kukurydzy może być wykorzystany jako dodatek do benzyny w czystej postaci, lub jako ETEB (eter etylo-ter-butylowy), a także spalany bezpośrednio przy produkcji energii elektrycznej.

W 2010 roku wyprodukowano 105 mld hektolitrow bioetanolu. Największymi producentami są Stany Zjednoczone (49 mld hektolitrow wyprodukowanych z kukurydzy) oraz Brazylia (28 mld hektolitrow wyprodukowanych z trzciny cukrowej). Unia Europejska natomiast jest światowym potentatem w produkcji biodiesla, stąd pochodzi bowiem 53% jego światowej produkcji.

Mieszkańce kukurydzy przeznaczone do uprawy na bioetanol i ziarno powinny charakteryzować się wysokim udziałem suchej masy kolb (ponad 50%) w ogólnym plonie suchej masy i dużą zawartością suchej masy w całych roślinach przy zbiorze (28÷32%) oraz cechą *stay green* umożliwiającą dłuższą akumulację składników pokarmowych i większą koncentrację suchej masy w kolbach.

Kukurydza jest jednym z najlepszych substratów do produkcji etanolu, większe jego ilości z ha można uzyskać tylko z buraka cukrowego, tak pozyskiwany etanol jest jednak znacznie droższy, gdyż wymaga przetworzenia 4-krotnie większej masy plonu i pozostawia po przerobie

surowca nieporównanie wyższą ilość ścieków i odpadów [Michalski, 2007].

Z 1 tony ziarna kukurydzy można uzyskać, wg różnych autorów, od 340 do 410 litrow etanolu [Michalski, 2007], a wydajność jednostkowa etanolu z kukurydzy w stosunku do innych gatunków roślin jest 3÷4-krotnie wyższa (burak, ziemniak).

Biopaliwa pierwszej generacji, do jakich zalicza się etanol, produkowane są przy zastosowaniu konwencjonalnych metod, takich jak fermentacja i nie wymagają dużych nakładów energetycznych.

Etanol jest paliwem odnawialnym, ponieważ pierwotnie rośliny wykorzystują energię słoneczną w procesie fotosyntezy do wytworzenia glukozy.

Przebieg doświadczenia

W 2010 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Mochelku, należącym do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy założono na okres 5 lat dwuczynnikowe doświadczenie polowe, metodą losowanych podbloków split plot w 4 powtórzeniach.

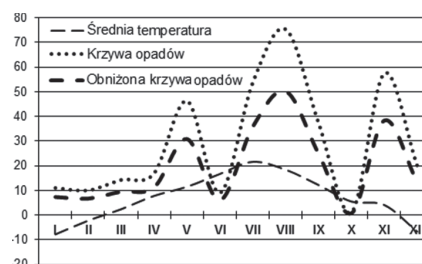
Celem badań było określenie możliwości pozyskiwania biomasy na cele energetyczne z różnych gatunków roślin jednorocznych, w zależności od zróżnicowanych poziomów nawożenia azotem. Doświadczenie założono na glebie słabej, kompleksu żyniego dobrego, należącego do klasy IVb.

Jednym z gatunków była kukurydza odmiany *Bejm*, uprawiana w pierwszym roku po przedplonie zbożowym, a w latach następnych w dwuletnim zmianowaniu po sorgu.

Powierzchnia każdego z 12 poletek kukurydzy do siewu wynosiła 50 m², a do zbioru 40 m² (20 m² obsiewano kukurydzą odm. *Vitraz* przeznaczoną na biogaz i 20 m² odmianą *Bejm* na etanol i do bezpośredniego spalania ziarna). Odmiana *Bejm* (zarejestrowana w roku 2008) należy do średniowczesnych mieszańców pojedynczych (SC) o liczbie FAO 230–240, wytwarza dość wysokie rośliny, długo utrzymujące zieloność i cechuje się bardzo dobrą tolerancją na niekorzystne warunki atmosferyczne.

Jesienią stosowano nawożenie fosforem i potasem w dawkach 35 kg P·ha⁻¹ w postaci 46% superfosfatu potrójnego granulowanego i 100 kg K·ha⁻¹ w postaci 60% soli potasowej. Zabiegi uprawowe wykonywano stosując ogólnie przyjęte zasady agrotechniki dla kukurydzy uprawianej na ziarno.

Nawożenie azotowe stosowano w 3 różnych dawkach: 80, 120 i 160 kg N·ha⁻¹ w postaci saletry amonowej, dzieląc dawki zgodnie ze schematem doświadczenia (50% przed siewem pod bronę i 50%, gdy rośliny



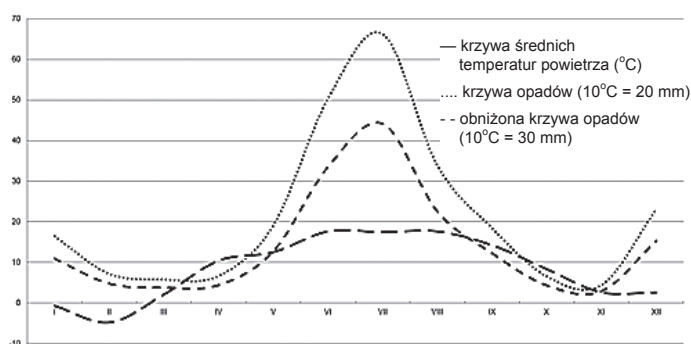
Rys. 1. Przebieg warunków pogodowych w Mochelku w 2010 r. (Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera)

osiągały wysokość około 30 cm). Siew przeprowadzano przy użyciu siewnika punktowego (obsada – 13 roślin na m²).

Warunki pogodowe podczas wegetacji w 2010 roku (Rys. 1) nie były zbyt korzystne dla uprawy kukurydzy na ziarno.

Duże ilości opadów po siewie kukurydzy i stosunkowo wysoka temperatura przyczyniły się wprawdzie do szybkich wschodów roślin, ale niskie temperatury i susza panujące w czerwcu zahamowały dalszy intensywny rozwój roślin, a nadmiernie wysokie opady lipca, sierpnia i września (odpowiednio 107, 151 i 75 mm) i zmienna wysokość temperatur przyczyniły się do rozwoju chorób grzybowych, pojawów omacnicy prosowianki, przedłużały okres wegetacji roślin utrudniając dojrzewanie, wysychanie ziarna w kolbach i opóźniając zbiór kukurydzy.

Zdecydowanie korzystniejszy dla rozwoju kukurydzy okazał się przebieg warunków pogodowych w roku 2011 (Rys. 2). Występujące duże ilości opadów bezpośrednio po siewie, przy jednoczesnych wysokich temperaturach, przyczyniły się do bardzo szybkich wschodów i szybkiego wzrostu roślin kukurydzy.



Rys. 2. Przebieg warunków pogodowych w Mochełku w 2011 r. (Diagram klimatyczny Gaussena-Wahlera)

Dwukrotnie wyższe opady od opadów za wielolecie, przy panujących średnich temperaturach w miesiącach VI, VII i 2. połowie VIII, przyczyniły się do bardzo intensywnego wzrostu i rozwoju roślin, a ograniczone opady i wysoka temperatura IX i X umożliwiły dobre wyziarnienie kolb i szybkie dojrzewanie ziarna w kolbach.

Jakość ziarna kukurydzy ze zbiorów roku 2010 była gorsza niż w roku 2011. Na pogorszenie jakości ziarna wpłynęło głównie porażenie roślin chorobami grzybowymi spowodowane bardzo intensywnymi opadami deszczu. Opady te uniemożliwiały przeprowadzenie ochrony plantacji i zwiększały wilgotność ziarna, co przyczyniało się do gorszych jego parametrów biochemicznych.

Wydajność procesu fermentacji ziarna (Tab. 1) oceniano energooszczędną metodą beczniennicowego uwalniania skrobi (BUS), obejmującą oznaczanie zawartości w ziarnie: suchej substancji, skrobi, białka i związków mineralnych i cukrów redukujących [Sapińska i in., 2011].

Tab. 1. Wysokość plonu i wydajność bioetanolu z ziarna kukurydzy w zależności od wysokości nawożenia azotowego w latach 2010-2011

Poziom nawożenia azotem kg·ha ⁻¹	2010			2011		
	Plon t·ha ⁻¹	Wydajność l/100 kg surowca	Wydajność l·ha ⁻¹	Plon t·ha ⁻¹	Wydajność l/100 kg surowca	Wydajność l·ha ⁻¹
80	6,96	33,73	2347,61	11,2	34	3808
120	8,08	32,2	2601,76	11,25	33,4	3757,5
160	8,6	32,4	2786,4	12,3	33,2	4083,6
Średnia	7,88	32,78	2582,8	11,58	33,53	3884,28

Dyskusja i wnioski

Korzystniejsze warunki okresu wegetacji przyczyniły się do uzyskania wyższego plonu ziarna w roku 2011 wynoszącego w zależności od zastosowanego poziomu nawożenia azotowego od 11,2 do 12,3 t·ha⁻¹. Zwiększenie nawożenia azotowego z 80 do 160 kg·ha⁻¹ przyczyniło się jednak zaledwie do 9-procentowego wzrostu plonu ziarna kukurydzy i okazało się statystycznie nieistotne.

Natomiast w 2010 roku na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych stwierdzono, że wystąpiły istotne statystyczne różnice w wielkości plonu ziarna kukurydzy dla wszystkich poziomów nawożenia (6,96; 8,08; 8,06 t·ha⁻¹).

Wzrost plonu ziarna przy poziomie nawożenia 120 kg N·ha⁻¹ spowodował istotne zwiększenie plonu o 14%, co przyczyniło się do zwiększenia ilości pozyskiwanego etanolu z każdego hektara o 254,2 l. Dalszy wzrost nawożenia azotem (do 160 kg N·ha⁻¹) nie wpłynął na zwiększenie plonu i wzrost wydajności surowca (l/100 kg).

Według licznych autorów [Kowalczyk-Juško i Kościk, 2005; Majtkowski, 2004] zbyt duże opady (powyżej 350÷400), przy niskich temperaturach powietrza podczas okresu wegetacji, mogą prowadzić do znacznego obniżenia plonu ziarna kukurydzy, zwłaszcza w stanowisku gleb lekkich, gdzie czynnikiem decydującym o plonie są głównie opady lipca i sierpnia. Podobnie niekorzystne warunki wodne i termiczne panowały w roku 2010 w Mochełku.

Zawartość suchej substancji i wilgotność ziarna kukurydzy kształtowały się w roku 2010 na poziomie odpowiednio od 89,33±0,11% do 89,75±0,23%, a w roku 2011 od 89,65±0,69% do 90,27±0,03%, co świadczyło o odpowiednim dosuszeniu zebranego ziarna.

Badane ziarno kukurydzy odznaczało się w obu latach badań średnią zawartością skrobi (nieco wyższą w roku 2011 (66,7% s.s) niż w roku 2010 (65,5% s.s)). Według Sapińskiej i in. [2011] wyższa zawartość skrobi decyduje o wyższej jakości ziarna i pozwala osiągnąć wyższą wydajność produkowanego alkoholu etylowego z ziarna.

Krasowicz i in. [2009] zwracają uwagę na bardzo duże zróżnicowanie jakości i przydatności rolniczej gleb w naszym kraju (32% udział gleb należących do słabych i bardzo słabych). Autorzy zalecają na cele energetyczne wysokoplonujące jednoroczne rośliny, do których należy kukurydza, uprawiane na glebach lekkich, takich na jakich prowadzono doświadczenie.

LITERATURA

- Burczyk H. 2011. Przydatność zbóż na potrzeby produkcji energii odnawialnej w świetle wyników doświadczeń. *Probl. Inż. Roln.* nr 3, 43-50
- Michalski T., 2009. Technologia produkcji kukurydzy na ziarno – gdzie szukać oszczędności? *Wieś Jutra* nr 3, 24-25
- Michalski T. i in., 2007. Czy produkcja bioenergii zagraża rynkowi żywności i pasz? Materiały z Forum Producentów Surowców Rolniczych. POLAGRA Agro-Premiery. *Agro Serwis*, 5-8
- Kawa-Rygielska J., 2007. Bioetanol z kukurydzy – czy warto produkować? *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, nr 5, 38-39
- Kowalczyk- Juško A., Kościk B., 2005. Analiza możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. *Wieś Jutra*, 25-27
- Krasowicz S., Stuczyński T., Doroszewski A. 2009. Produkcja roślinna w Polsce na tle warunków przyrodniczych i ekonomicznych organizacyjnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB.* nr 14, 27-57
- Majtkowski W., 2004. *Rośliny alternatywne na cele energetyczne.* Mat. II Kongresu Rolnictwa Polskiego. Poznań, 164-169
- Michalski T., 2007. Kukurydza – doskonały surowiec do produkcji biopaliw. *Agro Serwis*, 3-9
- Sapińska E., Balcerek M., Stanisz M. 2011. Fermentacja alkoholowa gęstych zacierów kukurydzianych. *Acta Agrophysica*, 18, nr 2, 431-441