

Ewa KASZKOWIAK¹, Jerzy KASZKOWIAK², Marek SZYMCZAK²

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

Spalanie ziarna kukurydzy, pszenżyta i żyta uprawianych przy ograniczonym nawożeniu azotowym

Wstęp

Zapotrzebowanie na energię sukcesywnie wzrasta, a największa część w skali całego świata pokrywana jest z paliw kopalnych, których zasoby są jednak ograniczone i perspektywy ich wyczerpania przybierają realne terminy. Jednocześnie coraz częściej dostrzega się negatywny wpływ takiego pozyskiwania energii na klimat ziemski (gazy cieplarniane). Decyduje to o coraz szerszym zainteresowaniu społeczeństw wielu krajów odnawialnymi źródłami energii, w tym biomasą różnych roślin, które mogłyby w znacznej części zastąpić paliwa kopalne.

Szeptycki [2007] zwraca uwagę na szereg korzyści wynikających z produkcji biopaliw, do których należą: ochrona środowiska, ograniczenie uzależnienia od importu ropy naftowej, rewitalizacja obszarów wiejskich. Autor ten zwraca także uwagę na konieczne kierunki badań, przede wszystkim nad paliwami drugiej generacji, które nie konkurowałyby z roślinami przeznaczonymi na cele żywnościowe. Bardzo ważne stają się badania związane z hodowlą odmian o mniejszych wymaganiach glebowo-wodnych.

Wielofunkcyjność rolnictwa w *Unii Europejskiej* i Polsce zakłada, że oprócz tradycyjnego i podstawowego celu jakim dla rolnictwa pozostaje produkcja żywności, realizowane być muszą także i inne funkcje, w tym przede wszystkim produkcja na cele energetyczne, działania na rzecz rozwoju obszarów wiejskich i ochrony środowiska.

Rolnictwo przyjmując na siebie obowiązek produkowania zarówno żywności, jak i surowców bioenergetycznych powinno szukać sposobu na stworzenie właściwych relacji pomiędzy samowystarczalnością i bezpieczeństwem żywnościowym, a koniecznością wspierania bezpieczeństwa energetycznego i łagodzenia zmian klimatycznych [*Faber, 2009*].

Biomasa pochodzenia rolniczego może być używana na cele energetyczne na kilka podstawowych sposobów: w wyniku bezpośredniego spalania biopaliw stałych (w tym ziarna zbóż), przetwarzania na paliwa płynne i gazowe. Utrudnieniem w wykorzystaniu na szerszą skalę tych substratów jest brak jednorodności oraz niska koncentracja energii w jednostce objętości [*Ludwicka i Grzybek, 2010*].

Pod produkcję biomasy przeznaczonej na biopaliwa stałe zaleca się przeznaczać w pierwszej kolejności gleby słabe lub częściowo zdegradowane, a za podstawowe źródło biomasy uznaje się ziarno zbóż oraz nadwyżki słomy [*Kuś i Faber, 2007*].

Uprawy roślin jednorocznych pozwalają na szybką zmianę profilu produkcji w przypadku jej nieopłacalności. Ziarno zbóż z powodzeniem może być używane jako paliwo w instalacjach grzewczych. Charakteryzuje się ono niską toksycznością spalin i zawartością popiołu, który może być wykorzystywany jako nawóz [*Majtkowski, 2007*].

Celem pracy jest sprawdzenie, czy ze względu na niskie wymagania glebowe żyto, kukurydza, owies są przydatne do uprawy energetycznej oraz czy uprawy tych gatunków zbóż na cele energetyczne mogą być opłacalne nawet na glebach najłżejszych w sprzyjających warunkach wilgotnościowych i przy odpowiednim poziomie nawożenia azotowego.

Przebieg doświadczenia

Przedmiotem badań były trzy gatunki zbóż: żyto ozime odmiany *Kier*, pszenżyto ozime odmiany *Leontino* i kukurydza odmiany *Bejm*.

Badania polowe prowadzono w Mochełku – *Rolniczej Stacji Badawczej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego* w Bydgoszczy.

Doświadczenie zostało założone, jako ściśle dwuczynnikowe doświadczenie polowe, w układzie losowanych podbloków *split plot* w 4 powtórzeniach, na glebie słabej, kompleksu żytniego dobrego.

Eksperyment prowadzono od 2010 roku przez okres 5 kolejnych okresów wegetacji.

W prowadzonym doświadczeniu zmiennymi są różne gatunki roślin jednorocznych i wieloletniego ślazuwca i zróżnicowane poziomy nawożenia azotem.

Pod zboża ozime azot stosowano w dawkach 40, 80 i 120 kg·ha⁻¹, a pod kukurydzę w ilości 80, 120 i 160 kg·ha⁻¹.

Nawozy fosforowo-potasowe pod wszystkie badane gatunki były dostarczane jesienią w dawkach 35 kg P·ha⁻¹ w postaci 46% superfosfatu potrójnego granulowanego i 100 kg K·ha⁻¹ w postaci 60% soli potasowej.

Pierwsza dawka azotu dla zbóż ozimych dostarczana była przed siewem, a druga na początku ruszenia wegetacji wiosennej (pełnia krzewienia), dla kukurydzy azot stosowano 50% przed siewem pod bronę i 50%, gdy rośliny osiągały około 30 cm wysokości.

Zabiegi uprawowe wykonywano stosując ogólnie przyjęte zasady agrotechniki dla zbóż ozimych i kukurydzy uprawianej na ziarno. Plon ziarna z poszczególnych poletek po zważeniu został poddany ocenie wartości opałowej.

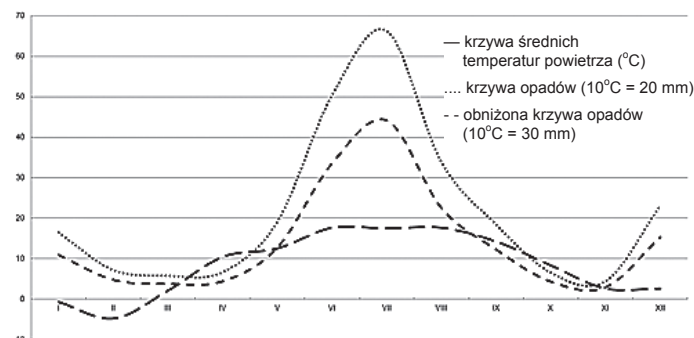
Próbki po zmieleniu poddano spalaniu w atmosferze tlenu w kolorymetrze KL12Mn.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, wykorzystując program *Statistica*. Istotność różnic weryfikowano za pomocą testu *Tukey'a* przy $\alpha = 0,05$. Średnie oznaczone dla każdego czynnika tymi samymi literami nie różniły się istotnie.

Okres wegetacji jesienno-zimowej 2011/2012 roku nie był korzystny dla obu gatunków zbóż ozimych.

Niedobór opadów i dość niskie temperatury panujące w październiku przyczyniły się do późnych wschodów roślin, a długi okres temperatur, wyższych od średnich wieloletnich, na przełomie XI i XII, spowodował nadmierne ich rozkrzewienie (Rys. 1).

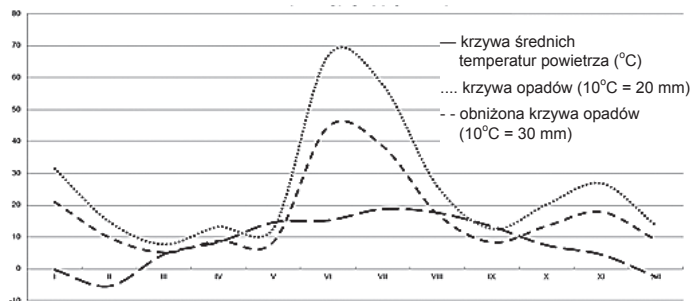
Wyjątkowo niskie temperatury w lutym 2012 roku (do -27°C przy powierzchni gruntu), przy zupełnym braku okrywy śnieżnej spowodowały wymarznącie około 60% roślin pszenżyta ozimego i 10÷20% roślin żyta.



Rys. 1. Przebieg pogody w roku 2011 (Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera)

Po stosunkowo wczesnym rozpoczęciu wegetacji wiosennej, w korzystnych warunkach pogodowych (III i IV), w maju wystąpił okres suszy, który hamował przebieg fazy strzelania w źdźbło zbóż ozimych.

Bardzo wysokie opady wszystkich letnich miesięcy (Rys. 2) przyczyniły się do poprawy krzewienia produkcyjnego żyta i stosunkowo wysokiego plonowania tego gatunku.



Rys. 2. Przebieg pogody w okresie wegetacji 2012 r. (Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera)

Przerzedzone plantacje pszenżyta, podczas wysokich opadów w okresie lata były dodatkowo zachwaszczone przez chwasty prosozate i komosę. Szybki rozwój chwastów (mimo stosowania kilkukrotnych oprysków herbicydami), ograniczył dodatkowo plony pszenżyta (Tab. 1).

Warunki pogodowe panujące w 2012 roku okazały się niezwykle korzystne tylko dla rozwoju i plonowania kukurydzy.

Susza panująca w maju tylko w niewielkim stopniu zahamowała początkowy rozwój roślin, natomiast korzystne warunki wodne i termiczne w miesiącach letnich przyczyniły się do osiągnięcia przez kukurydzę wyjątkowo wysokich plonów ziarna w warunkach gleb lekkich (od 10,1 do 12,8 t·ha⁻¹).

Dyskusja i wnioski

Plony badanych gatunków zbóż ozimych w okresie wegetacji 2011/2012 były bardzo zróżnicowane.

Zdecydowanie wyżej plonowało żyto (średnio 5,69 t·ha⁻¹) cechujące się większą mrozoodpornością od pszenżyta, które po wymarznieniu dużej ilości roślin i przy dużym zachwaszczeniu plantacji, plonowało średnio na poziomie 2,31 t·ha⁻¹ (tab.1)

W plonowaniu każdego z trzech badanych gatunków zbóż nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pod wpływem wzrastających dawek nawożenia azotowego (Tab. 1).

Tab.1. Plon i wydajność energetyczna badanych gatunków zbóż

Poziom nawożenia N	Żyto		Pszenżyto		Kukurydza	
	Plon t·ha ⁻¹	Wydajność energetyczna GJ·ha ⁻¹	Plon t·ha ⁻¹	Wydajność energetyczna GJ·ha ⁻¹	Plon t·ha ⁻¹	Wydajność energetyczna GJ·ha ⁻¹
Niski	5,41	85965	2.20	35222	11,10	183261
Średni	5,97	93311	2.32	36586	12,79	219221
Wysoki	5,68	89517	2.42	38574	12,00	198840

Średnie ciepło spalania ziarna żyta i pszenżyta ozimego przy niskim i średnim poziomie nawożenia azotem (40 i 80 kg N·ha⁻¹) wynosiło odpowiednio 15,76 i 15,89 GJ·ha⁻¹.

Najwyższymi wartościami ciepła spalania charakteryzowało się ziarno kukurydzy (przy nawożeniu 80 i 120 kgN·ha⁻¹ ciepło spalania wynosiło 16,83 GJ·ha⁻¹).

Wzrost dawek nawożenia azotem nie wpłynął w istotny sposób na wartość energetyczną ziarna żadnego z trzech badanych gatunków zbóż (Tab. 2).

Przy niskim poziomie nawożenia nie stwierdzono istotnych różnic wartości ciepła spalania między pszenżycem ozimym a kukurydzą, natomiast istotnie niższą wartością ciepła spalania od obu gatunków, cechowało się ziarno żyta.

Natomiast przy średnim poziomie nawożenia ziarno obu gatunków zbóż ozimych cechowało się zbliżonym ciepłem spalania, istotnie niższym od ziarna kukurydzy (Tab. 2).

Warunki wegetacji w roku 2012, wyjątkowo korzystne dla produkcji kukurydzy na ziarno, wpłynęły na uzyskanie z ziarna tego gatunku istotnie wyższej wartości ciepła spalania i bardzo wysokiej wydajności energetycznej w porównaniu do badanych obu gatunków zbóż ozimych, niezależnie od wysokości zastosowanego nawożenia azotowego.

Tab. 2. Ciepło spalania badanych zbóż, (GJ·kg⁻¹)

Gatunek (A)	Poziom nawożenia azotem (B)		Średnia
	Niski	Średni	
Żyto	15,89 b	15,63 b	15,76 b
Pszenżyto	16,01 ab	15,77 b	15,89 b
Kukurydza	16,53 a	17,15 a	16,83 a
Średnia	16,14	16,18	16,16

$$A = 0,588 \quad B = n_i \quad \text{interakcja } A/B \text{ i } B/A - n_i$$

Badania wielu autorów potwierdzają niewielką reakcję zbóż na wysokie nawożenie azotem na glebach lekkich zarówno w warunkach suszy jak i przy bardzo korzystnych warunkach wodnych panujących podczas wegetacji [Szczukowski i in., 2006; Noworolnik i Leszczyńska, 2002].

Duże doświadczenia w energetycznym wykorzystaniu ziarna na świecie mają USA i Kanada, gdzie spalane jest głównie ziarno kukurydzy [Kuś i Faber, 2007].

Stosowanie ziarna zbóż do spalania ma zarówno zwolenników jak i przeciwników, pierwsi podkreślają zalety dla środowiska, drudzy uważają za najważniejszy aspekt etyczny, dotyczący użytkowania ziarna zbóż wyłącznie na cele paszowe i żywnościowe.

Czynnikiem równoważącym obie strony są atrakcyjne ceny pozyskania energii z ziarna zbóż [Niedziółka i Zuchniarz, 2006].

W obliczu rosnących cen innych dostępnych źródeł energii zboża, a zwłaszcza kukurydza, mają szansę z nimi skutecznie rywalizować zwłaszcza, gdy istnieją warunki pogodowe umożliwiające otrzymanie wysokich plonów przy potaniu technologii uprawy na glebach lekkich poprzez ograniczenie nawożenia azotowego [Gutowska, 2008].

LITERATURA

- Faber A., 2009. Podstawowe problemy produkcji roślin na cele energetyczne, szanse i zagrożenia. *Wieś Jutra*. (01.2013): <http://www.portalspozywczy.pl/zboza-oleiste/artykuly/podstawowe-problemy-produkcji-roslin-na-cele-energetyczne-szansy-i-zagrozenia,22730.html>
- Gutowska E., 2008. Biomasa jako surowiec energetyczny *Wieś Jutra*, nr 8-9, 11
- Kuś J., Faber A., 2007. Alternatywne kierunki produkcji rolniczej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, nr 7, 139-150
- Kuś, J., Matyka, M., 2009. Plonowanie wybranych gatunków roślin uprawianych na cele energetyczne w różnych warunkach siedliskowych [w:] Skrobacki A., 2009. *Produkcja biomasy, wybrane problemy*, s. 9–14. Wyd. *Wieś Jutra*, Warszawa
- Ludwicka A., Grzybek A., Bilans biomasy rolnej (słomy) na potrzeby energetyki 2010. *Probl. Inż. Roln.*, nr 2, 101-111
- Majtkowski W., 2007. Rośliny energetyczne na paliwa stałe. *Wieś Jutra* nr 7, 16
- Niedziółka I., Zuchniarz A., 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego *MOTROL*, 8A, 232–237
- Noworolnik K., Leszczyńska D., 2002. Porównanie reakcji odmian jęczmienia jarego na poziom nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, nr 221, 67-72
- Szczukowski S., Kościak B., Kowalczyk-Juško A., Tworowski J., 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne *Fragm. Agrom.*, nr 3, 300-315
- Szeptycki A., 2007. Biopaliwa – zalecenia UE, potrzeby, realne możliwości produkcji. *Inż. Roln.*, 11, nr 7(95), 201-205

Badania prowadzone są w ramach Projektu pt. Opracowanie indeksu gatunkowego i optymalizacja technologii produkcji wybranych roślin energetycznych nr POIG.01.03.01-00-132/08, finansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013.