

Ewa KASZKOWIAK<sup>1</sup>, Jerzy KASZKOWIAK<sup>2</sup>

e-mail: ekasz@utp.edu.pl

<sup>1</sup> Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz<sup>2</sup> Instytut Eksploatacji Maszyn i Transportu, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Wpływ sposobu uprawy zbóż na ich wydajność energetyczną

### Wstęp

Zapotrzebowanie na energię jest bezpośrednią pochodną rozwoju gospodarczego, stąd też w ciągu najbliższych kilkunastu lat przewidywany jest dalszy znaczny wzrost jej zużycia. We wszystkich rozpatrywanych scenariuszach rozwoju rolnictwa na świecie i w Unii Europejskiej przewiduje się, że po 2020 roku nastąpić będzie zmniejszenie udziału paliw organicznych wykorzystywanych do produkcji energii aż do wyczerpania ich zasobów i wzrostu cen energii, a rolnictwo polskie postrzegane jest wśród krajów unijnych, jako mające jeden z największych potencjałów do produkcji biomasy na cele energetyczne.

Miejsce konwencjonalnych zasobów zajmować będą odnawialne źródła energii stanowiące doskonałą alternatywę dla tradycyjnych nośników energii, ponieważ ich zasoby uzupełniają się w naturalnych procesach, co oznacza, że są praktycznie niewyczerpalne [1, 2]. W celu efektywnego wykorzystania biomasy niezbędna jest standaryzacja asortymentu. Umożliwia ona zautomatyzowanie procesów spalania oraz zmniejszenie objętości surowca przy zachowaniu jego kaloryczności [3]. Doprowadzenie biomasy z propagowanych do uprawy wieloletnich roślin do formy brykietu lub peletu jest bardzo energochłonne i skomplikowane technicznie. Zaletą uprawy gatunków jednorocznych jest możliwość utrzymania właściwego płodozmianu, łatwiejsze dostosowanie się do koniunktury rynkowej oraz wykorzystanie posiadanych maszyn, urządzeń i budynków. Niestety zazwyczaj efektywność energetyczna uprawy gatunków jednorocznych jest niższa niż wieloletnich. Gatunki wieloletnie charakteryzują się jednak zdecydowanie wyższymi kosztami założenia, a po latach kosztowną i trudną likwidacją plantacji. W okresie pełnego użytkowania nakłady są zazwyczaj niższe, a bilans energetyczny i wskaźnik efektywności energetycznej są korzystniejsze niż w przypadku uprawy roślin jednorocznych. Ich uprawa wiąże się jednak z wieloletnim wyłączeniem gruntów z typowego użytkowania rolniczego i licznymi problemami technicznymi i technologicznymi oraz skomplikowaną dystrybucją [4, 5].

W związku z tym na chwilę obecną coraz większe zainteresowanie budzi technologia spalania roślin jednorocznych w tym również ziarna zbóż. Szczególnie przydatne będą gatunki oszczędnie gospodarujące wodą, jak również odporne na choroby i niekorzystne warunki środowiskowe [5].

Celem badań było określenie poziomu plonowania i wydajności energetycznej zbóż jarych (owies i jęczmień jary) i ozimych (żyto i jęczmień ozimy) uprawianych na dwóch różnych kompleksach glebowych (żytni słaby i żytni bardzo dobry) przy zróżnicowanych dawkach nawożenia azotem (0, 40, 80 kg·ha<sup>-1</sup>) i różnej ilości wysiewu w zależności od kompleksu glebowego.

### Przebieg doświadczenia

Doświadczenia realizowano w układzie losowanych podbloków z obiektami kontrolnymi jako ścisłe jednoczynnikowe doświadczenia na dwóch polach doświadczalnych należących do Rolniczej Stacji Badawczej WRiB UTP w Mochełku. Pierwsze założono na kompleksie żytnim słabym (klasa V), drugie na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego (IVa), zgodnie z wcześniej ustalonym schematem. Przedplonem dla uprawianych gatunków były rośliny zbożowe. Jesienią zastosowano nawożenie fosforem i potasem w dawkach 35 kg P·ha<sup>-1</sup> w postaci 46% superfosfatu potrojnego granulowanego i 100 kg K·ha<sup>-1</sup> w postaci 60% soli potasowej.

We wrześniu 2007 r. założono dwa doświadczenia ze zbożami ozimymi: żytem odmiany *Dańkowskie Złote* i jęczmieniem ozimym odmiany *Trominer*. Przedmiotem badań wiosennych były: owies *Bohun* i jęcz-

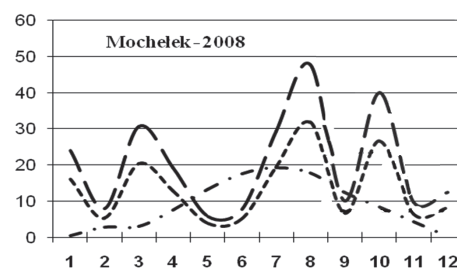
mień jary odmiany *Antek*. Rośliny wysiewano w rzędach, co 12 cm, umieszczając nasiona na głębokość 4 cm, stosując zróżnicowaną obsadę roślin na m<sup>2</sup> (w zależności od kompleksu glebowego wyższą na kompleksach słabszym, niższą na żytnim bardzo dobrym).

Wielkość poletek do siewu wynosiła 18 m<sup>2</sup>, a do zbioru 11,5 m<sup>2</sup>.

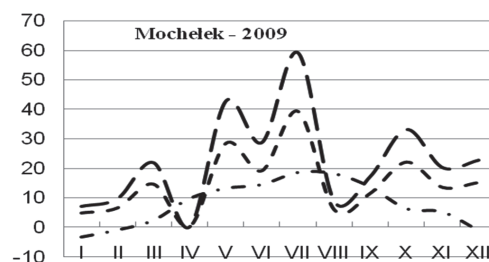
Zabiegi uprawowe wykonano stosując ogólnie przyjęte zasady agrotechniki dla uprawianych gatunków zbóż. Nawożenie azotowe stosowano zgodnie ze schematem: pod zboża jare N – 40 kg·ha<sup>-1</sup> przed siewem pod bronę, a pod zboża ozime wiosną przed ruszeniem wegetacji, nawożenie pogłównie w obu przypadkach: N – 40 kg·ha<sup>-1</sup> w okresie pełni strzelania w źdźbło (32–34 wg skali *Zadoksa*), w formie 34% saletry amonowej.

Warunki pogodowe w dwu latach badań były bardzo zróżnicowane. Okres jesienny 2007 roku okazał się niekorzystny dla obu gatunków zbóż ozimych. Utrzymujące się po siewie niedobory opadów i niska temperatura nie sprzyjały szybkim wschodom i krzewieniu się roślin. Łagodna zima i szybki początek wiosny z dużą ilością opadów w miesiącach: I, III i pierwszej dekadzie IV sprawiły jednak, że jęczmień ozimy i żyto bardzo szybko rozpoczęły wegetację wiosenną. Okresy półsuszy i suszy (trwające od połowy IV do VI) i wysokie temperatury VI i VII wpłynęły na wyraźne obniżenie plonów wszystkich gatunków zbóż, zwłaszcza plonów zbóż jarych.

Okres jesienny 2008 roku (Rys. 1) okazał się korzystny dla obu gatunków zbóż ozimych – duże ilości opadów i średnia temperatura sprzyjały szybkim wschodom i krzewieniu się roślin, a łagodna zima z dużą ilością opadów w lutym i marcu 2009 (Rys. 2) przyczyniła się do szybkiego rozpoczęcia wegetacji wiosennej przez oziminy. Okres suszy w IV spowolnił wschody zbóż jarych, ale bardzo wysokie opady w maju, czerwcu i lipcu przyczyniły się do uzyskania bardzo wysokich plonów wszystkich gatunków zbóż, nawet uprawianych na glebach słabych.



Rys. 1. Wykres pogody wg metody Weltersa za rok 2008: - · - · - krzywa średnich temperatur powietrza, [°C], - - - - krzywa opadów (10°C = 20 mm), [mm], - - - - obniżona krzywa opadów (10°C = 30 mm), [mm]



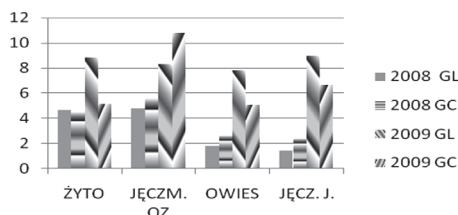
Rys. 2. Wykres pogody wg metody Weltersa za rok 2009: - · - · - krzywa średnich temperatur powietrza [°C], - - - - krzywa opadów (10°C = 20 mm) [mm], - - - - obniżona krzywa opadów (10°C = 30 mm) [mm]

Posuszne warunki pogodowe panujące niemal w całym okresie wegetacji 2008 roku (Rys. 1) wpłynęły przede wszystkim na obniżenie

plonów zbóż jarych. Średnie plony owsa i jęczmienia jarego wynosiły odpowiednio 1,75 i 1,42 t·ha<sup>-1</sup> na glebie lekkiej i 2,65 i 2,42 t·ha<sup>-1</sup> na glebie kompleksu średniego. Reakcja zbóż ozimych na panującą suszę była zdecydowanie słabsza. Średnie plony żyta i jęczmienia ozimego na glebie lekkiej wynosiły odpowiednio 4,6 i 5,4 t·ha<sup>-1</sup>, a na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego 4,5 (żyto) i 5,6 t·ha<sup>-1</sup> (jęczmień ozimy).

W korzystnych warunkach pogodowych okresu wegetacji 2008/2009 (Rys. 2) plony żyta i jęczmienia ozimego wynosiły na glebie lekkiej 8,86 i 5,14 t·ha<sup>-1</sup>, a na glebie ciężkiej odpowiednio 8,3 i 10,8 t·ha<sup>-1</sup>.

Średnie plony zbóż jarych wynosiły natomiast: owsa na glebie lekkiej: 7,8 t·ha<sup>-1</sup> i 8,98 na glebie cięższej, a jęczmienia jarego 5,05 (gleba lekka) i 6,66 t·ha<sup>-1</sup> (gleba cięższa, Rys. 3).



Rys. 3. Średnia wartość plonów dla gleby lekkiej (GL) i ciężkiej (GC)

## Dyskusja i wnioski

Dotychczasowa produkcja ziarna w Polsce ukierunkowana była przede wszystkim na cele żywieniowe i paszowe. Produkcja energii z roślin zbożowych może mieć jednak uzasadnienie ekonomiczne zwłaszcza w odniesieniu do ich uprawy na glebach bardzo lekkich, których znaczna część w chwili obecnej jest odłogowana.

Według wielu autorów [6, 7] obecnie do rozwoju agroenergetyki należy wykorzystać istniejące już zaplecze techniczne i dostosowane do uprawy rośliny o krótkich cyklach produkcyjnych. Jako pierwsze na cele energetyczne powinno wykorzystywać się tradycyjnie uprawiane przez rolników jednoroczne rośliny uprawne, np. zboża. Szczególnie przydatne okazują się gatunki oszczędnie gospodarujące wodą, jak również odporne na choroby i niekorzystne warunki środowiskowe [7, 8].

Mimo niekorzystnych warunków pogodowych w 2007/2008 roku, w badaniach własnych stwierdzono stosunkowo wysoki i wyrównany poziom plonowania zbóż ozimych (średnio 4,8 t·ha<sup>-1</sup>) na obu kompleksach glebowych, a także dodatnią reakcję żyta na wzrost stosowanych dawek azotu. Panująca susza i wysokie temperatury podczas wegetacji wiosenno-letniej przyczyniły się natomiast do zahamowania krzewienia i ograniczenia liczby źdźbeł kłosośnych zbóż jarych (zwłaszcza na kompleksie żytnim słabym) a tym samym bardzo dużego spadku plonu, przy braku reakcji owsa i jęczmienia jarego na wyższe dawki azotu. Badania wielu autorów [9–12]) potwierdzają brak reakcji zbóż, uprawianych na glebach lekkich, na wyższe nawożenie azotowe w warunkach suszy.

Zwiększenie nawożenia azotowego wpłynęło na procentowy wzrost zawartości skrobi i tłuszczu w ziarnie wszystkich badanych gatunków.

Podobnie, jak nawożenie azotowe, panujące niekorzystne warunki pogodowe wpłynęły na duże zróżnicowanie zawartości w ziarnie zbóż analizowanych składników.

Zdecydowanie największe różnice w badanych gatunkach wystąpiły w odniesieniu do ilości skrobi zawartej w ziarnie żyta, jęczmienia jarego i ozimego (ok. 52%) w porównaniu z owsem (25%), reagującym na panującą suszę wzrostem zawartości włókna surowego kosztem skrobi. O podobnej reakcji owsa na długotrwałą suszę donoszą również inni autorzy [10, 11].

Zupełnie odmienne i bardzo korzystne dla roślin zbożowych warunki panujące podczas okresu wegetacji 2008/2009 przyczyniły się do uzyskania bardzo wysokich plonów zarówno zbóż ozimych jak i jarych. W uprawie wszystkich badanych gatunków zbóż na kompleksie żytnim słabym stwierdzono istotny wzrost plonu ziarna przy zwiększaniu nawożenia azotowego, u żyta przy zastosowaniu dawki 80 kg N·ha<sup>-1</sup>, u pozostałych gatunków pod wpływem dawki 40 kg N·ha<sup>-1</sup>. W warunkach gleb lekkich najwyższy wskaźnik opłacalności dla wszystkich gatunków zbóż otrzymano przy zastosowaniu 40 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Spośród elementów plonowania na kompleksie żytnim słabym stwierdzono istotne zróżnicowanie masy tysiąca ziaren u obu gatunków zbóż jarych i liczby ziaren w kłosie jęczmienia ozimego i owsa pod wpływem wzrastających dawek azotu.

Natomiast na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego zastosowanie wzrastającego poziomu nawożenia azotem wpływało istotnie wyłącznie na wzrost plonu owsa (od 8,63 do 10,21 t·ha<sup>-1</sup>). Pozostałe badane gatunki zbóż w korzystnych warunkach glebowych i termicznych, a przede wszystkim przy optymalnej dostępności wody, plonowały bardzo wysoko bez względu na wzrastające dawki azotu.

Zwiększenie nawożenia azotowego w korzystnym 2009 roku na obu kompleksach glebowych wpłynęło na istotny procentowy spadek zawartości skrobi w ziarnie żyta, jęczmienia ozimego i jęczmienia jarego, przy jednoczesnym wzroście tłuszczu i białka w życie, owsie i jęczmieniu jarym.

Wartość energii brutto jest jednak wynikiem kompensacji poszczególnych składników ziarna, stąd różnice między wartością energetyczną badanych gatunków zbóż w analizowanych niekorzystnym i korzystnym roku okazały się stosunkowo niewielkie.

Reakcja zbóż jarych na azot stosowany doglebowo uzależniona była głównie od zasobności gleb w wodę. Uzyskane rezultaty badań wskazują, że szczególnie w warunkach gleb lekkich, czynnikiem decydującym o możliwości efektywnego wykorzystania ziarna określonego gatunku zbóż do celów energetycznych, jest układ warunków pogodowych, które w najistotniejszym stopniu wpływają na poziom plonowania zbóż.

W zróżnicowanych warunkach pogodowych 2008 i 2009 roku najwyższą wartością energetyczną, uzyskaną po spaleniu ziarna w bombie kalorymetrycznej, spośród czterech badanych gatunków, cechował się owies (śr. 17,3 MJ/kg). Podobne wyniki w odniesieniu do owsa prezentują inni autorzy [5, 7, 14].

Ziarno owsa uprawionego na glebie zawierającej metale ciężkie nie nadaje się do wykorzystania w żywieniu człowieka czy zwierząt, można ją natomiast spożytkować na cele energetyczne. Owies jednak jest gatunkiem o bardzo wysokich potrzebach wodnych, w niekorzystnych okresach wegetacji wiosennej z występującymi niedoborami wody zarówno owies jak i inne gatunki zbóż jarych reagowały zdecydowanie większymi obniżkami plonów niż zboża ozime.

Zwiększenie dawki nawożenia azotowego u gatunków zbóż jarych powodowało istotny wzrost wartości energetycznej ziarna w korzystniejszym okresie wegetacji. Na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego czynnikiem ograniczającym efekt nawożenia była naturalna żyzność gleby natomiast na kompleksach żytnich słabych czynnikiem ograniczającym efekt nawożenia były niedobory wody.

Na glebach lekkich zboża ozime, a zwłaszcza żyto, okazuje się gatunkiem najplenniejszym, o najwyższej odporności na choroby, zachwaszczenie i niedobory wody, dlatego też według *Grabińskiego* [15] utrzymanie powierzchni uprawy tego gatunku i wykorzystywanie go na cele energetyczne byłoby bardzo wskazane i korzystniejsze niż zawodnych w warunkach suszy zbóż jarych.

## LITERATURA

- [1] P. Gradziuk i in.: Biopaliwa, 28 (2003).
- [2] A. Faber: Studia i Raporty IUNG – PIB 43, nr 11, (2008).
- [3] P. Gradziuk: Wieś Jutra, nr 6, 31 (2006).
- [4] J. Kuś, A. Faber: Studia i Raporty IUNG – PIB 139, nr 7, (2007).
- [5] A. Kowalczyk-Juśko: Czysta Energia 1(53), 20 (2006).
- [6] B. Kościak: Rośliny energetyczne. Wyd. AR, Lublin 2003.
- [7] W. Majtkowski: Wieś Jutra nr 7, 16 (2007).
- [8] A. E. Gutowska: Wieś Jutra nr 8/9, 11 (2008).
- [9] W. Budzyński, S. Bielski: Acta Sci. Pol., Agricultura 3(2), 15 (2004).
- [10] K. Noworolnik, D. Leszczyńska, T. Dworakowski: Pam. Puł., 135, 203 (2004).
- [11] D. Leszczyńska: Wieś Jutra nr 16, 17 (2007).
- [12] T. Sulek i in.: Studia i Raporty IUNG-PIB 29 (2008).
- [13] A. Pecio: Wieś Jutra 8, 31 (2008).
- [14] W. Majtkowski: Rośliny alternatywne na cele energetyczne – stan aktualny i perspektywy produkcji w Polsce, [w:] Wczoraj, dziś i jutro naszego rolnictwa. II Kongres Rolnictwa Polskiego, Poznań 2004.
- [15] J. Grabiński: Wieś Jutra nr 6, 24 (2006).