

ANALIZA KSZTAŁTOWANIA SIĘ TEMPERATURY W BELACH UZYSKANYCH Z SIANA, TAKŻE Z DODATKIEM PREPARATU CIEKŁEGO

Edmund Dulcet, Sylwester Borowski

Streszczenie. Przedstawiono analizę przebiegu temperatury w belach sprasowanego siana z dodatkiem 0,2% roztworu kwasu mlekowego i bez tego dodatku. Siano o różnych zawartościach suchej masy prasowano do różnej masy objętościowej. Stwierdzono, że dodatek użytego preparatu obniża temperaturę siana i skraca czas jej stabilizacji. Najniższą temperaturę maksymalną zanotowano w belach siana o najniższej masie objętościowej $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, sprasowanego w warunkach badań.

Słowa kluczowe: preparaty konserwujące siano, technika aplikacji preparatów, prasa zwi-
jająca

WSTĘP

W polskich warunkach klimatycznych zbiór siana obarczony jest ryzykiem, szczególnie dużym w przypadku zbioru za pomocą pras. Siano przeznaczone do przechowywania powinno mieć wilgotność względną ok. 15–17% [Olszewski 1994, Podkówa i in. 1984]. Zastosowanie podczas zbioru siana preparatu konserwującego pozwala na zbiór siana o zwiększonej wilgotności, co umożliwia szybszy jego zbiór, a w konsekwencji uzyskanie produktu o wyższej jakości.

Ze względu na skuteczność działania i koszty preparatu oraz wprowadzanie dodatkowej dawki wody zawartej w roztworze dawkowanie preparatu powinno być ograniczone poprzez dokładne rozprowadzenie go w zbieranym sianie [Dulcet i Woropay 2000, Harrison 1985]. Nierównomierne rozprowadzenie preparatu, zwłaszcza w prasowanym wilgotnym sianie, może ułatwiać powstawanie ognisk szkodliwych bakterii, które mogą doprowadzić nawet do samozapłonu beli [Küntzel 1991, Sęk 1994]. Podwyższenie temperatury siana powyżej 45°C powoduje utratę do 75% białka ogólnego i 12% włókna [Kellner i Becker 1979].

Celem pracy było dokonanie analizy kształtowania się temperatury w belach sprasowanego siana zbieranego w postaci bel walcowych bez dodatku i z dodatkiem ciekłego preparatu konserwującego, przy różnych wilgotnościach i masach objętościowych (zaęszczeniu) zbieranego materiału roślinnego.

METODY

Materiałem roślinnym, który poddano badaniom, była mieszanka roślin: lucerna, koniczyna czerwona, tymotka, kostrzewa łąkowa. Materiał zbierano w I pokosie w fazie początku kwitnienia. Średni plon wynosił $280 \text{ q} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W badaniach jako preparat konserwujący stosowany był 0,2% roztwór kwasu mlekowego. Preparat dodawano w ilości 4 dm^3 na tonę zbieranego siana.

Dodawanie preparatu następowało w trakcie zbioru za pomocą aplikatora Junkkari HP 5, który nabudowany był na prasie zwijającej Z-279/1 (rys. 1). Schemat budowy aplikatora Junkkari HP 5 przedstawiono na rysunku 2.



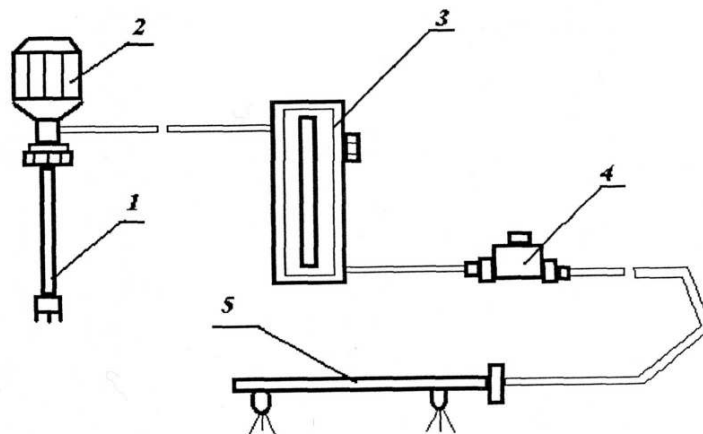
Rys. 1. Widok agregatu ciągnik-prasa zwijająca z nabudowanym aplikatorem Junkkari HP5:
1 – aplikator, 2 – prasa

Fig. 1. Tractor-pulled baler with the Junkkari HP5 applicator: 1 – applicator, 2 – baler

Wskaźnik nierównomierności aplikacji preparatu dla rozpylaczy użytych w badaniach nie przekraczał 2%.

Belkę z rozpylaczami umieszczono w przedniej części komory zwijania. Rozpylacze umieszczono w ten sposób, aby możliwe było zraszanie preparatem całej szerokości zbieranego wałka siana.

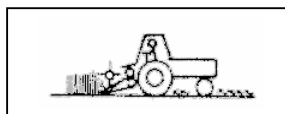
Materiał roślinny do badań skoszono, a następnie przetrząsano i zgrabiano w wałki. Wstępnie uformowane wałki zbieranego materiału poprawiano ręcznie tak, aby uzyskać równomierne rozłożenie masy na całej ich długości. Materiał roślinny poduszano do zawartości suchej masy $W_s = 73\%$, $W_s = 75\%$, $W_s = 79\%$, $W_s = 84\%$. Masa objętościowa sprasowanego siana wynosiła $\gamma_k = 99,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ i $140,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



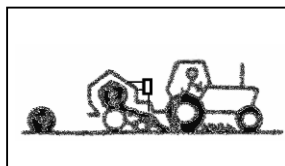
Rys. 2. Schemat budowy aplikatora Junkkari HP5: 1 – pompa odśrodkowa, 2 – silnik elektryczny 12V, 3 – regulator przepływu, 4 – zawór przeciwciekowy, 5 – belka z rozpylaczami szczelinowymi firmy Hardii (RSMM110⁰/04-kolor czerwony).

Fig. 2. Junkkari HP5 atomiser: 1 – centrifugal pump, 2 – 12-volt electric motor, 3 – flow regulator, 4 – injection valve, 5 – Hardi slit atomisers (RSMM110⁰/04-red colour) mounted on the beam

Koszenie i układanie pokosów



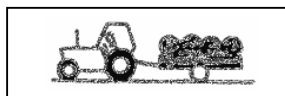
Prasowanie z jednoczesną aplikacją preparatu



Zbieranie bel



Transport



Załadunek i magazynowanie



Rys. 3. Zestawienie podstawowych zabiegów przy zbiorze siana podczas badań
Fig. 3. Steps which were taken to harvest hay in the experiment

Zawartość suchej masy kontrolowano wstępnie przy użyciu kuchenki mikrofalowej [Podkówka i Ejankowski 1996]. Po uzyskaniu założonych w badaniach zawartości suchej masy w sianie pobierano próbki do określenia suchej masy metodą suszarkowo-wagową.

Zbiór przeprowadzano za pomocą agregatu, który poruszał się z prędkością wynikającą z wymagań agrotechnicznych przy zbiorze zielonek na siano ($6,15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} - 1,71 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) przy poślizgu nieprzekraczającym 5%. Po uformowaniu bele siana przetransportowano do zadaszanej wiaty z dwoma bocznymi ścianami, gdzie były magazynowane. Zestawienie podstawowych zabiegów wykonywanych przy zbiorze siana podczas badań przedstawiono na rysunku 3.

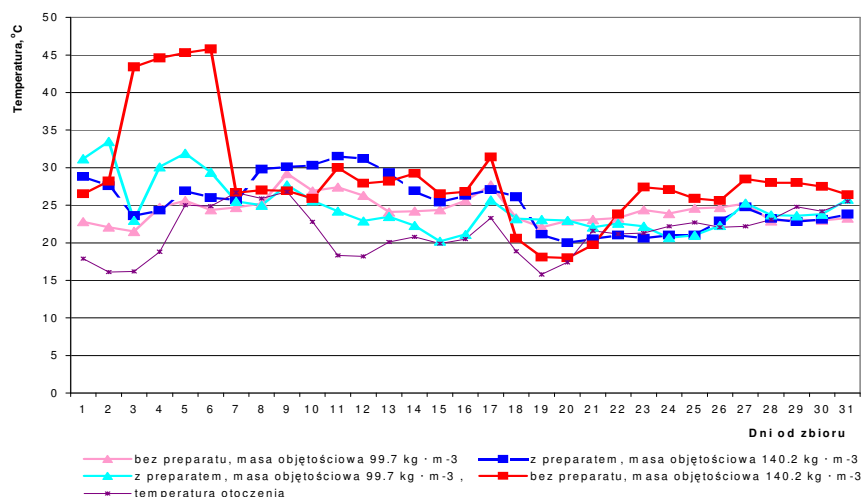
Pomiaru temperatur dokonywano w rdzeniu beli w środkowej jego części (najwyższe temperatury) za pomocą termometrów kopcowych z dokładnością do $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

WYNIKI

Przy zawartości suchej masy $W_s = 73\%$ (rys. 4) siana najwyższą temperaturę w beli zarejestrowano w 5 dniu składowania. Dla bel siana bez dodatku preparatu, przy masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, wynosiła ona $45,9^\circ\text{C}$. Niższą temperaturę stwierdzono dla siana z dodatkiem preparatu przy tej samej masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Wynosiła ona $31,5^\circ\text{C}$ i zanotowano ją 11 dni po zbiorze.

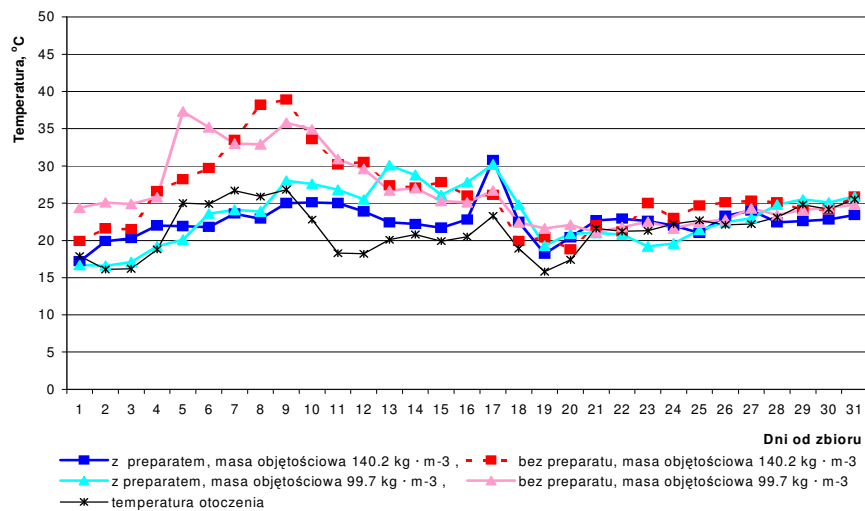
Dla siana bez dodatku preparatu i masie objętościowej $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, najwyższą temperaturę $29,2^\circ\text{C}$, zarejestrowano w 9 dniu składowania, natomiast z dodatkiem preparatu $33,5^\circ\text{C}$ w 5 dniu składowania.

Dla wszystkich analizowanych przypadków ($W_s = 73\%$) od 12 dnia składowania zarejestrowane temperatury mieściły się zasadniczo w przedziale $20-30^\circ\text{C}$.

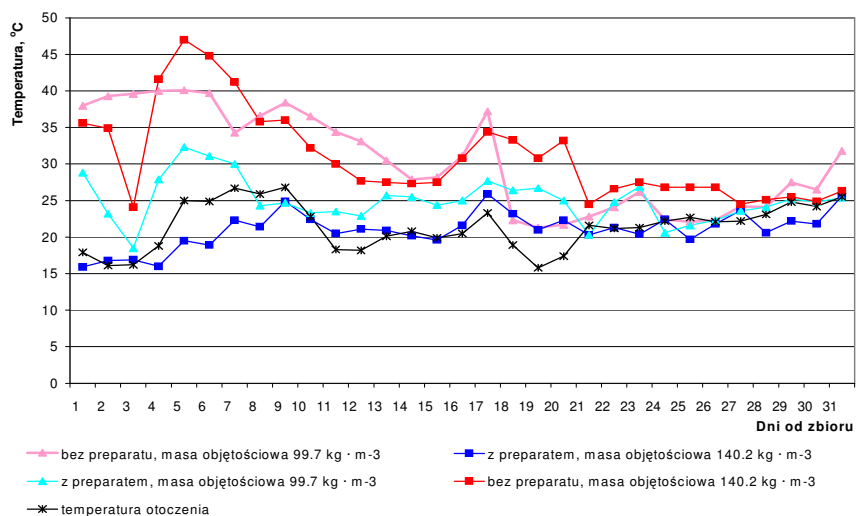


Rys. 4. Przebieg zmian temperatury siana o zawartości suchej masy $W_s = 73\%$

Fig. 4. Temperature changes for hay of the dry matter content $W_s = 73\%$



Rys. 5. Przebieg zmian temperatury siana o zawartości suchej masy $W_s = 75\%$
 Fig. 5. Temperature changes for hay of the dry matter content $W_s = 75\%$



Rys. 6. Przebieg zmian temperatury siana o zawartości suchej masy $W_s = 79\%$
 Fig. 6. Temperature changes for hay of the dry matter content $W_s = 79\%$

Temperatura siana o zawartości suchej masy $W_s = 73\%$ (rys. 4) i masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ kształtowała się poniżej 25°C po 18 dniach składowania dla siana zbieranego z dodatkiem preparatu, a dla siana zbieranego bez dodatku preparatu nie opadła poniżej 25°C przez cały okres pomiaru. Temperatura siana o $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ z preparatem i bez opadła poniżej 25°C po 17 dniach składowania.

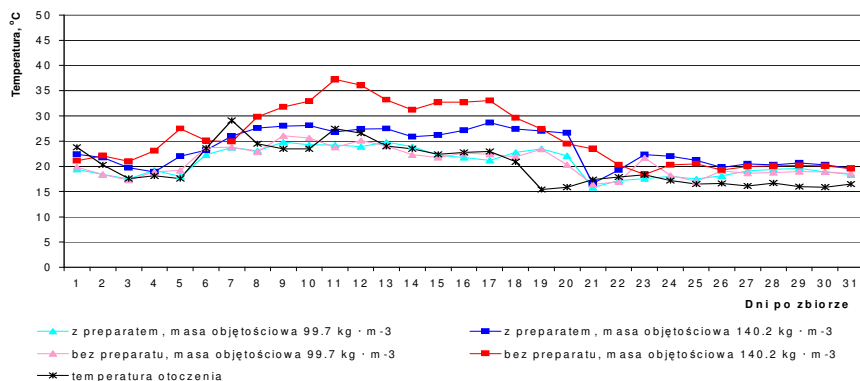
Najwyższą temperaturę bel siana o zawartości suchej masy $W_s = 75\%$ (rys. 5) zanotowano między 5 a 9 dniem składowania. Dla siana o masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ bez dodatku preparatu wynosiła ona $38,2^\circ\text{C}$ (9 dzień składowania), a dla siana z dodatkiem preparatu $30,3^\circ\text{C}$ (17 dzień składowania). Dla siana o masie objętościowej $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ zebranego bez dodatku preparatu najwyższą temperaturę ($37,3^\circ\text{C}$) zanotowano w 4 dniu składowania, a z preparatem w 12 dniu ($30,8^\circ\text{C}$).

W przypadku siana o zawartości suchej masy $W_s = 75\%$ i masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ temperaturę poniżej 25°C zarejestrowano po 18 dniach składowania siana zbieranego z dodatkiem preparatu, a po 17 dniach w przypadku siana zbieranego bez dodatku preparatu. Temperatura siana o $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ z preparatem i bez kształtowała się poniżej 25°C po 17 dniach składowania.

W przypadku bel siana o zawartości suchej masy $W_s = 79\%$ (rys. 6) i $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ najwyższą temperaturę siana zarejestrowano między 5 a 6 dniem składowania. Dla siana bez dodatku preparatu, przy masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, wynosiła ona $47,0^\circ\text{C}$. Niższą temperaturę maksymalną stwierdzono dla siana z dodatkiem preparatu. Wynosiła ona $25,9^\circ\text{C}$ i zanotowano ją 17 dni po zbiorze.

Dla siana bez dodatku preparatu i masie objętościowej $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, najwyższą temperaturę zarejestrowano między 3 a 6 dniem składowania i wynosiła ona $40,1^\circ\text{C}$. Natomiast najwyższą temperaturę siana z dodatkiem preparatu zmierzono w 5 dniu składowania ($32,3^\circ\text{C}$).

Dla siana o zawartości suchej masy $W_s = 79\%$ i masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ zbieranego bez dodatku preparatu spadek temperatury poniżej 25°C nastąpił po 27 dniach. Dla siana o $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ z preparatem temperatura opadła poniżej 25°C po 16 dniach składowania, a dla siana zbieranego bez dodatku preparatu po 18 dniach.



Rys. 7. Przebieg zmian temperatury siana o zawartości suchej masy $W_s = 84\%$

Fig. 7. Temperature changes for hay of the dry matter content $W_s = 84\%$

Najwyższą temperaturę siana o zawartości suchej masy $W_s = 84\%$ (rys. 7) zanotowano między 10 a 12 dniem składowania. Dla siana o masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ bez dodatku preparatu wynosiła ona $37,2^\circ\text{C}$, a z dodatkiem preparatu $28,7^\circ\text{C}$ (między 16 a 17 dniem).

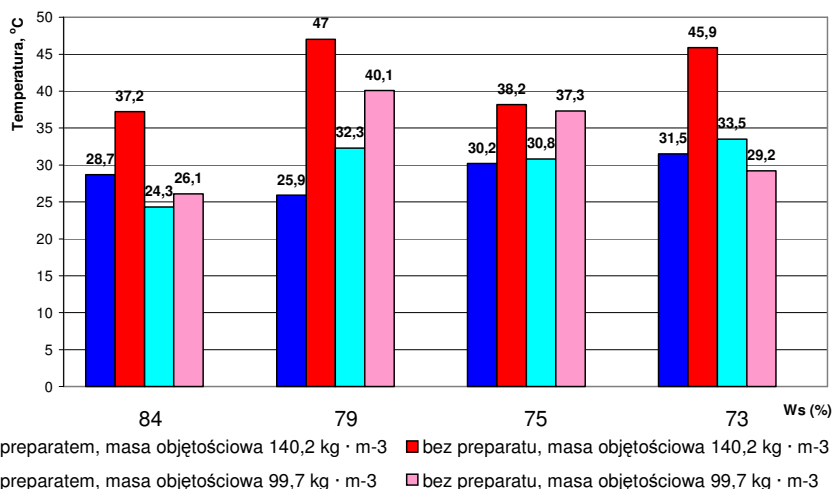
Siano zebrane bez dodatku preparatu przy masie objętościowej $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ wykazało najwyższą temperaturę $26,1^\circ\text{C}$ w 9 dniu składowania, a z preparatem $24,3^\circ\text{C}$ między 8 a 11 dniem.

Ustabilizowanie się temperatury poniżej 25°C siana o zawartości suchej masy $W_s = 84\%$ i masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ nastąpiło po 20 dniu składowania zarówno zbieranego z dodatkiem preparatu, jak i bez tego dodatku. Temperatura siana o $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ z preparatem opadła poniżej 25°C po 9 dniach składowania, a siana zbieranego bez dodatku preparatu po 13 dniach.

Na rysunku 8 przedstawiono najwyższe zmierzone temperatury siana.

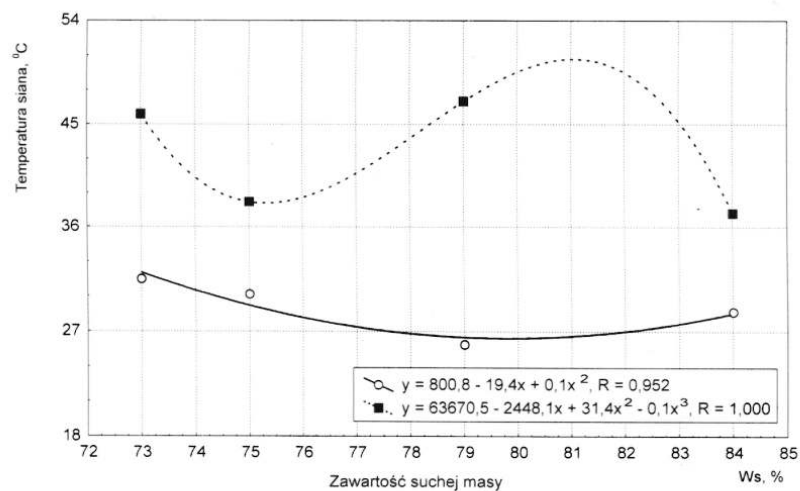
Przebieg zmian temperatury w belach siana o $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ opisują funkcje (rys. 9) dla siana zbieranego bez dodatku preparatu – trzeciego stopnia, dla siana zbieranego z dodatkiem preparatu – drugiego stopnia. Współczynniki dopasowania wynoszą odpowiednio $R = 1,00$ i $R = 0,952$.

Temperatury w belach siana zbieranego z dodatkiem preparatu były niższe niż w belach bez dodatku preparatu. Największą różnicę temperatur zanotowano w przypadku siana o zawartości suchej masy $W_s = 79\%$ i wyniosła ona $7,8^\circ\text{C}$. Dla zawartości suchej masy $W_s = 84\%$ i $W_s = 75\%$ różnice były mniejsze i wyniosły odpowiednio $1,8^\circ\text{C}$ i $6,5^\circ\text{C}$. Dla zawartości suchej masy $W_s = 73\%$ temperatura siana zbieranego z dodatkiem preparatu była większa niż dla siana zbieranego bez dodatku preparatu o $4,3^\circ\text{C}$. Mogło to być spowodowane dominującym działaniem wody zawartej w preparacie.



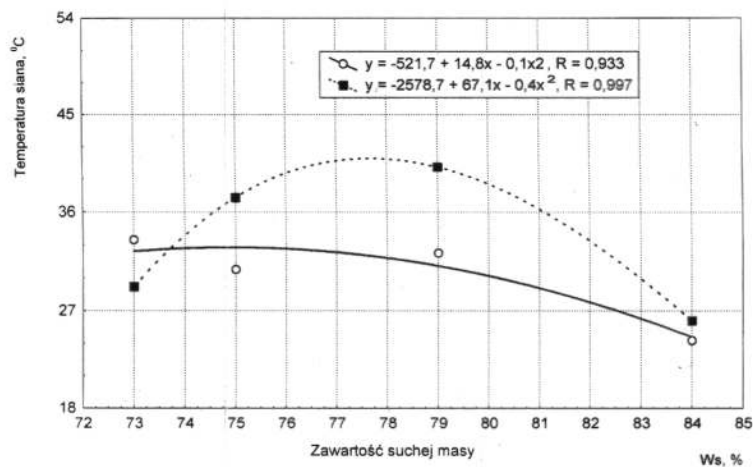
Rys. 8. Najwyższe zmierzone temperatury siana

Fig. 8. Highest recorded temperatures



Rys. 9. Zależność najwyższej temperatury od zawartości suchej masy w belach siana bez preparatu i z preparatem, dla $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Fig. 9. Highest temperature versus dry matter content in hay bales untreated and treated with the additive for the bale density $\gamma_k = 99.7 \text{ kg m}^{-3}$



Rys. 10. Zależność kształtowania się najwyższej temperatury od zawartości suchej masy w belach siana bez preparatu i z preparatem, dla $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Fig. 10. Highest temperature versus dry matter content in hay bales untreated and treated with the additive for the bale density $\gamma_k = 140.2 \text{ kg m}^{-3}$

Przebieg zmian temperatury w belach siana o $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ zbieranego bez dodatku i z dodatkiem preparatu opisują funkcje drugiego stopnia (rys. 10). Współczynniki dopasowania wynoszą odpowiednio $R = 0,997$ i $R = 0,933$. Temperatury siana zbieranego bez dodatku preparatu przy masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ są wyższe od temperatury siana przy masie objętościowej $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Największe różnice temperatury ($6,9^\circ\text{C}$) zanotowano w przypadku siana o zawartości suchej masy $W_s = 79\%$.

Temperatury siana zbieranego z dodatkiem preparatu, dla masy objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ i $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ mają zbliżoną wartość. Największą różnicę ($6,4^\circ\text{C}$) zanotowano dla siana o zawartości suchej masy $W_s = 79\%$. Dla pozostałych przypadków zanotowane różnice były niewielkie i wynosiły 2°C dla $W_s = 73\%$, $0,6^\circ\text{C}$ dla $W_s = 75\%$ i $4,4^\circ\text{C}$ dla $W_s = 84\%$. Temperatura siana o masie objętościowej $\gamma_k = 140,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ była wyższa niż dla siana o $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

WNIOSKI

1. Dodatek preparatu konserwującego stosowanego w badaniach, przy dawce 4 dm^3 na 1 tonę sprasowanego siana obniża temperaturę siana i skraca czas jej stabilizacji. Najniższą maksymalną wartość temperatury zanotowano dla bel o masie objętościowej sprasowanego materiału $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ z dodatkiem preparatu.

2. Nie zanotowano dużych różnic temperatury dla siana o zawartości suchej masy $W_s = 73\%$, $W_s = 75\%$, $W_s = 84\%$. Natomiast temperatury bel siana o zawartości suchej masy $W_s = 79\%$ różniły się od pozostałych.

3. Badania wykazały, że dodatek preparatu spowodował obniżenie najwyższej temperatury o 21°C .

4. Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że dodawanie preparatu ($0,2\%$ roztwór kwasu mlekowego w ilości 4 dm^3 na 1 tonę zbieranego materiału) w celu obniżenia temperatury konserwowanego siana jest uzasadnione przy zawartości suchej masy poniżej $W_s = 84\%$ i masy objętościowej sprasowanego siana powyżej $\gamma_k = 99,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

PIŚMIENNICTWO

- Dulcet E., 2001. Mixing Assessment and Loss of Additives in a Forage Harvester. *J Agric. Eng.* 79(3), 257–282.
- Harrison P. M., 1985. Preservation of large Round Bales at High Moisture. *Transactions of ASAE*. 2, 28(3), 356–359.
- Kanafojski Cz., 1980. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T. 2. Cz. I. Maszyny do zbioru roślin żdźbłowych i łądgowych. PWRiL, Warszawa.
- Mikołajczak J., Grabowicz M., 1998. Aktualne zagadnienia stosowania dodatków do zakiszania pasz. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 462, 285–296.
- Olszewski T., 1994. Dobór i racjonalne wykorzystanie środków technicznych do produkcji zielonki na siano. IBMER, Warszawa.

- Podkówka W., Ejanowski T., 1996. Oznaczenie zawartości suchej masy w kiszonkach i TMR z zastosowaniem kuchenki mikrofalowej. Maszynopis. Katedra Żywnienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej, ATR w Bydgoszczy.
- Polański Z., 1984. Planowanie doświadczeń w technice. PWN, Warszawa.
- Podkówka W., Olszewski T., Kalisiewicz A., 1984. Technologia produkcji siana. PWRiL, Warszawa.
- Sęk T., 1994. Eksploatacja agregatów do zbioru zielonek na siano. Wyd. AR w Poznaniu.

ANALYSIS OF TEMPERATURE IN HAY BALES TREATED WITH LIQUID ADDITIVE

Abstract. This study presents an analysis of temperature changes in hay bales either untreated and treated with 0.2% solution of lactic acid. Samples of hay of different moisture content and different specific density were used in this experiment. It was observed that the additive decreased the temperature of the hay and its stability was achieved in a shorter time. In the experiment, the lowest temperature was obtained for the specific density of hay $\gamma_k = 99.7 \text{ kg m}^{-3}$ (the lowest density).

Keywords: additives, hay, additive application method, baler

Edmund Dulcet, Sylwester Borowski, Katedra Inżynierii Rolniczej ATR w Bydgoszczy, ul. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, e-mail: kmr@mail.atr.bydgoszcz.pl

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego PB 0910/PO6/200/18 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1999–2002.