

HARVEST OF WET HAY WITH A ROUND BALER WITH THE USE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATION INOCULANT 1155

Summary

This study examines results of experiments to assess how the location of the applicator of the microbiological additive Inoculant 1155 when added to wet hay during harvesting with a baler affects its loss. Also, was assessed how the moisture content of harvested hay treated with the additive Inoculant 1155 affected the quality of hay. It was observed that the lowest loss of the additive (4,6%) was for the applicator placed in the front part of the press chamber of the baler. Hay of the best quality (evaluation was based on chemical analysis) was observed for a moisture content of 20% and density of 110kg m^{-3} . The study also presents analysis of temperature distribution inside the bales. The lowest temperature was observed for hay of a moisture content of 20% and density of $110\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

ZBIÓR WILGOTNEGO SIANA PRASĄ ZWIJAJĄCĄ Z UŻYCIEM PREPARATU MIKROBIOLOGICZNEGO INOCULANT 1155

Streszczenie

W pracy omówiono wyniki badań dotyczące wpływu miejsca aplikacji preparatu Inoculant 1155 do wilgotnego siana zbieranego prasą zwijającą na wielkość jego strat. Przeprowadzono również analizę przebiegu temperatury w uzyskanych belach siana. Ponadto, określono wpływ wilgotności względnej zbieranego siana z dodatkiem preparatu Inoculant 1155 dla dwóch różnych mas objętościowych sprasowanego siana na jego jakość. Stwierdzono, iż najniższe straty preparatu w ilości 4,6% występowały w przypadku jego aplikacji do wilgotnego siana w przedniej części komory zwijania prasy. Najniższe zarejestrowane temperatury występowały w belach siana sporządzonych z materiału o wilgotności 20% i zagęszczeniu 110kg m^{-3} . Najwyższą jakością siana ocenianą w oparciu o analizę chemiczną uzyskano zbierając go przy wilgotności 20% i masie objętościowej 110kg m^{-3} .

1. Wprowadzenie

W polskich warunkach klimatycznych zbior siana obarczony jest ryzykiem, szczególnie dużym w przypadku zbioru za pomocą pras. Siano przeznaczone do przechowywania powinno mieć wilgotność względną ok. 15-17% [10, 15, 16, 17].

Zastosowanie podczas zbioru siana preparatu mikrobiologicznego pozwala na zbiór siana o zwiększonej wilgotności, co umożliwia szybsze jego zebranie, a w konsekwencji uzyskanie produktu o wyższej jakości [5, 9, 17, 21].

Stosowanie naturalnych preparatów mikrobiologicznych w technologii konserwowania siana staje się metodą konkurencyjną, w stosunku do energochłonnej technologii suszenia z aktywną wentylacją, na urządzeniach suszących, przy jednocześnie niższych stratach składników pokarmowych. Jest to metoda jeszcze mało poznana.

Skuteczność działania preparatów zależy od równomiernego rozprowadzenia ściśle określonej ich ilości w zbieranym materiale [3, 4, 5, 7, 8]. Dotyczy to szczególnie siana prasowanego, w którym rozprowadzenie preparatu musi być przeprowadzone bardzo równomiernie podczas formowania się beli w prasie zwijającej. Istnienie bowiem jakichkolwiek mokrych miejsc w sianie prasowanym powoduje tworzenie się ognisk o aktywnej działalności szko-

dliwych bakterii, które mogą się rozprzestrzeniać i zniszczyć całą belę siana lub spowodować samozapalenie się jej [1, 13, 14,].

Celem niniejszej pracy było ustalenie strat preparatu mikrobiologicznego Inoculant 1155 w czasie jego aplikacji do wilgotnego siana zbieranego prasą zwijającą oraz dokonanie analizy przebiegu temperatury w uzyskanych belach siana. Ponadto przeprowadzono ocenę jakości uzyskanego siana z bel z dodatkiem preparatu Inoculant 1155.

2. Materiał i metody badawcze

W zaplanowanym eksperymencie wielkościami zmiennymi były: miejsce aplikacji preparatu do wilgotnego siana, wilgotność względna zbieranego siana, masa objętościowa sprasowanego siana (zagęszczenie). Poziomy i wartości zmiennych zestawiono w tab. 1.

W skład stanowiska badawczego wchodziły następujące maszyny: ciągnik, kosiarka rotacyjna, przetrząsacz rotacyjny, zgrabiarka karuzelowa, prasa zwijająca z nabudowanym aplikatorem. Do aplikacji preparatu wykorzystano dozownik „Gandy Jumbo” produkcji USA. Wskaźnik nierównomierności dozowania preparatu przez aplikator w warunkach eksperymentu nie przekraczał 1%.

Tab. 1. Poziomy i wartości zmiennych niezależnych
 Table 1. Ranges and values of variables

Zmienna niezależna	Wartości zmiennych niezależnych				Liczba poziomów
Miejsce aplikacji preparatu do siana	Przed podbieraczem (preparat aplikowano na wałek siana)	Nad podbieraczem prasy	W przedniej części komory zwijania prasy		3
Wilgotność względna siana, %	17	20	24	28	4
Masa objętościowa sprasowanego siana (zagęszczenie) kg m ⁻³	110		160		2

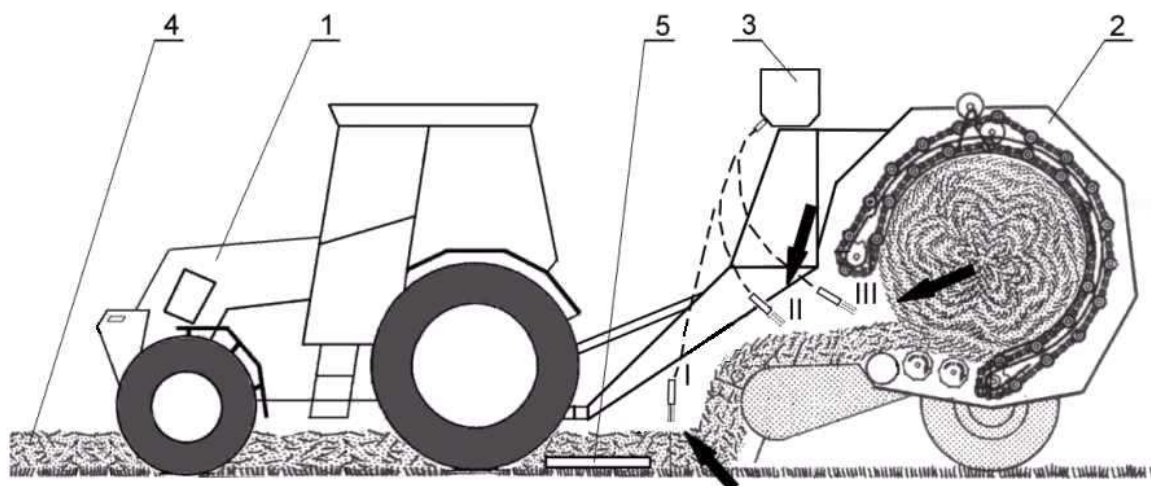
Końcówki przewodów wylotowych aplikatora umieszczono w trzech różnych miejscach: przed podbieraczem (preparat aplikowano na wałek wilgotnego siana); nad podbieraczem prasy zwijającej; w przedniej części komory zwijania (rys. 1).

Materiałem roślinnym stosowanym w badaniach była lucerna mieszańcowa (*Medicago media*) z II pokosu w fazie początku kwitnienia.

W badaniach użyto preparat mikrobiologiczny Inoculant 1155 firmy Pioneer o następujących właściwościach fizycznych: przeciętna wielkość ziaren 0,87 mm, wilgotność 2,5%, masa usypowa 1040 kg m⁻³. Gwarantowana przez producenta ilość żywych bakterii (*Bacillus pumilus*) 10⁸ kolonii jednostek formujących (colony forming units/cfu g⁻¹).

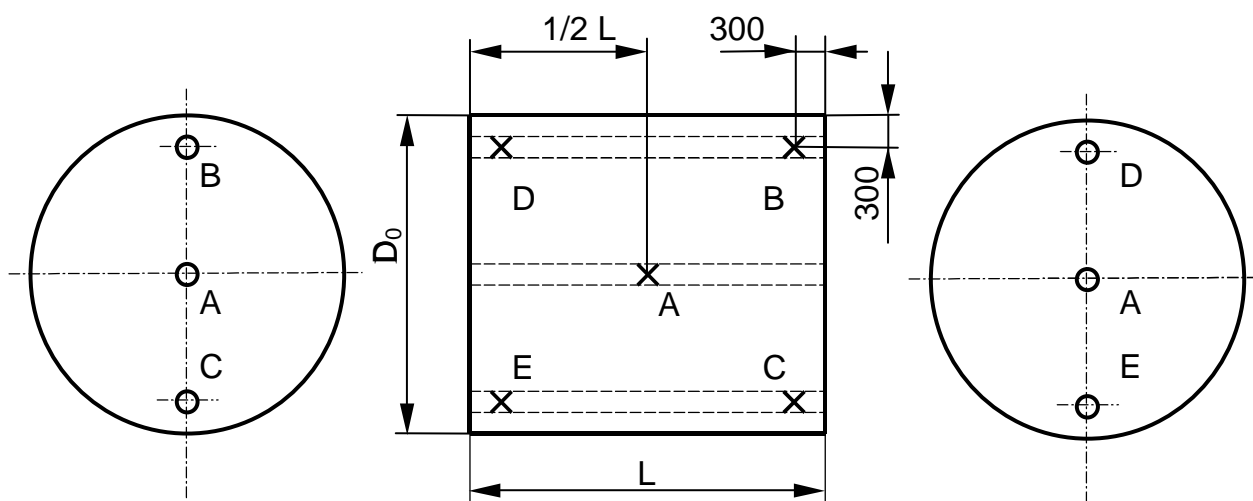
Wilgotność względną siana określono metodą suszarkowo-wagową. Zagęszczenie zbieranego materiału zostało wyrażone masą objętościową sprasowanego materiału. Zmianę zagęszczenia zbieranego materiału uzyskiwano poprzez zmianę wartości ciśnienia prasowania w komorze

prasy zwijającej. Po sprasowaniu każdą belę mierzono oraz ważono z dokładnością do 1 kg i obliczano masę objętościową sprasowanego materiału. Temperaturę siana rejestrowano przy użyciu rejestratora temperatury z dokładnością do 1°C. Mierzono ją w pięciu różnych miejscach beli (rys. 2) do czasu jej ustabilizowania się. Mierzono również temperaturę otoczenia. Dla ustalenia wielkości strat preparatu w zależności od miejsca jego aplikacji do wilgotnego siana przed przystąpieniem do badań wyznaczono odcinki pomiarowe wałków siana. Na linii przejazdu prasy zwijającej pod leżącym w wałku sianem umieszczono płyty (rys. 1), które objęły całą szerokość wałka siana zbieranego prasą zwijającą. Wielkość strat preparatu określono jako stosunek ilości preparatu pozostałego na płytach do wielkości zadanej (1 kg preparatu na 1 tonę siana). Ocena jakości siana przeprowadzono w oparciu o analizę chemiczną reprezentatywnych próbek siana pobranych z pięciu różnych miejsc beli (rys. 2) aparatem „Infa Alyzer 450” firmy Bran & Lubbe.



Rys. 1. Miejsca aplikacji preparatu do wilgotnego siana: 1 – ciągnik rolniczy, 2 – prasa zwijająca, 3 – aplikator Gandy Jumbo, 4 – wałek siana, 5 – płyty kontrolne, I – przed podbieraczem, II – nad podbieraczem, III – w przedniej części komory zwijania

Fig. 1. Location of fastening the nozzle of applicator in round baler: (1) tractor, (2) round baler, (3) applicator, (4) hay roll, (5) measuring plates. Locations of mounting of the applicator nozzles: I – ahead of the pick-up unit, II – over the pick-up, III – in the front part of the press chamber



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia miejsc pomiaru temperatury i pobierania próbek do oceny jakości siana (A, B, C, D, E): D_0 - średnica, L - wysokość.

Fig. 2. Measurement of temperature and collection of hay samples (A, B, C, D, E): diameter of bale (D_0), height (L); all dimensions in millimeters

W próbkach oznaczono: suchą masę, popiół surowy, białko ogólne, tłuszcz surowy, włókno surowe. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono: wartość energetyczną siana, zawartość jednostki paszowej produkcji mleka [10].

Ocenę tę przeprowadzono tylko dla siana z dodatkiem preparatu Inoculant 1155 ponieważ w polskich warunkach klimatycznych przechowywanie siana o wilgotności względnej 20% i powyżej bez jego suszenia lub dodania preparatów konserwujących nie gwarantuje dobrej jakości [15]. Badania przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Wyniki badań przeprowadzonego eksperymentu poddano analizie wariancji. Istotność różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi oceniano wielokrotnym testem rozstępu Duncana [19].

3. Wyniki badań i ich analiza

3.1. Straty preparatu w zależności od miejsca jego aplikacji do siana

Na podstawie badań i analizy statystycznej uzyskanych wyników (tab. 2) można stwierdzić, że miejsce aplikacji preparatu do siana (miejsce zainstalowania przewodów wylotowych aplikatora na prasie zwijającej) wywiera istotny wpływ na wielkość strat preparatu. Najniższe straty preparatu w ilości 4,6% stwierdzono w przypadku aplikacji go do siana w przedniej części komory zwijania prasy. Wynika to stąd, że preparat, który nie został rozprowadzony w sianie, opada na zespoły robocze prasy, gdzie kolejne partie przetwarzającego się siana zabierają go ze sobą.

W przypadku aplikacji preparatu do siana leżącego w wałku, znaczna jego część (około 60%) przechodząc przez luźno uformowany wał siana przedostaje się na powierzchnię gleby, co w przypadku użycia preparatów chemicznych przyczynia się do skażenia środowiska.

Tab. 2. Straty preparatu w zależności od miejsca jego aplikacji do siana.

Table 2. Loss of additive in relation to the location of the applicator

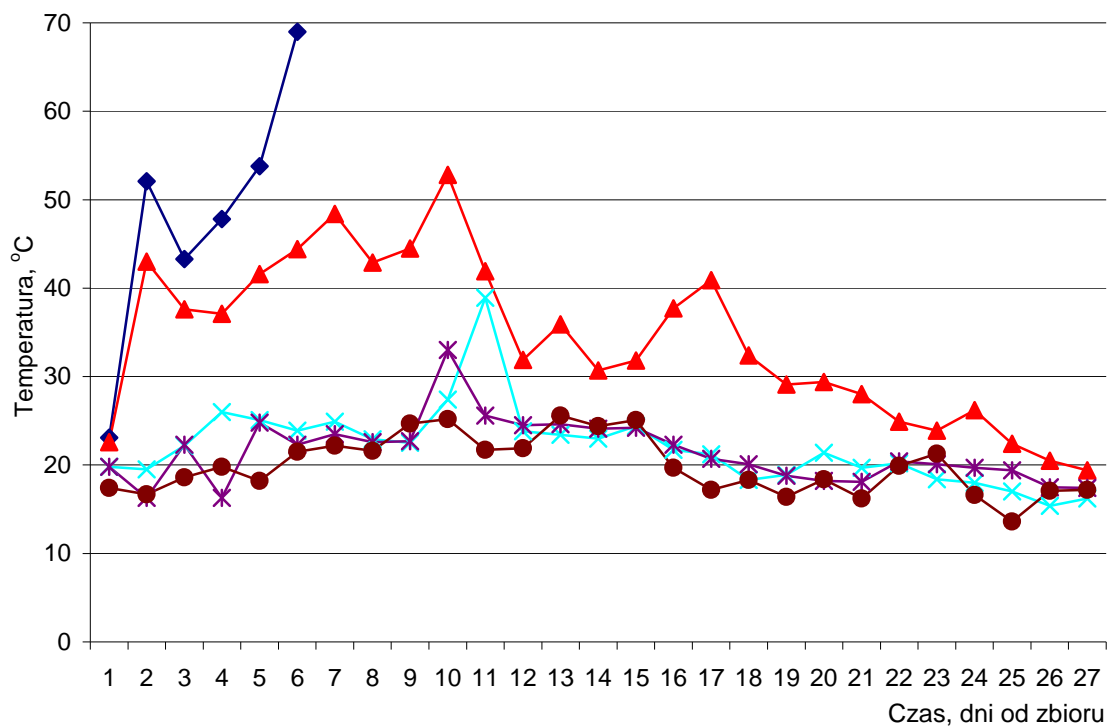
Miejsce aplikacji	Straty preparatu, %
przed podbieraczem prasy	58,0 ^A
nad podbieraczem prasy	13,0 ^{Ba}
w przedniej części komory zwijania	4,6 ^{Bb}

Wartości oznaczone dużymi literami (A,B) różnią się między sobą statystycznie wysokoistotnie ($p \leq 0,01$), a małymi literami (a,b) statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$).

3.2. Rozkład temperatury w belach siana

Najwyższą temperaturę w analizowanych belach siana zarejestrowano między 2 a 10 dniem składowania w sianie o wilgotności 28% i masie objętościowej prasowanego siana 160 kg m^{-3} (rys. 3). W sianie bez dodatku preparatu Inoculant 1155 wynosiła ona 69°C . Tak wysoka temperatura zmusiła do rozwinięcia bel z obawy przed samozapłonem w 5. dniu składowania. Niższe temperatury zarejestrowano w sianie z dodatkiem preparatu Inoculant 1155. W tym przypadku przyrost temperatury był wolniejszy niż w sianie bez dodatku preparatu i najwyższą temperaturę zarejestrowano w 10 dniu składowania (54°C) poczym nastąpił spadek temperatury do około 31°C . Najniższe temperatury zarejestrowano w sianie o wilgotności 20% i masie objętościowej sprasowanego siana 110 kg m^{-3} . Również w tym przypadku niższe temperatury występowały w sianie z dodatkiem preparatu Inoculant 1155 (rys. 4).

Najwyższe zmierzone temperatury (tab. 3) występowały w środkowej części bel. Ustabilizowanie się temperatury w analizowanych belach siana na poziomie ok. 20°C nastąpiło po 27 dniach składowania siana.

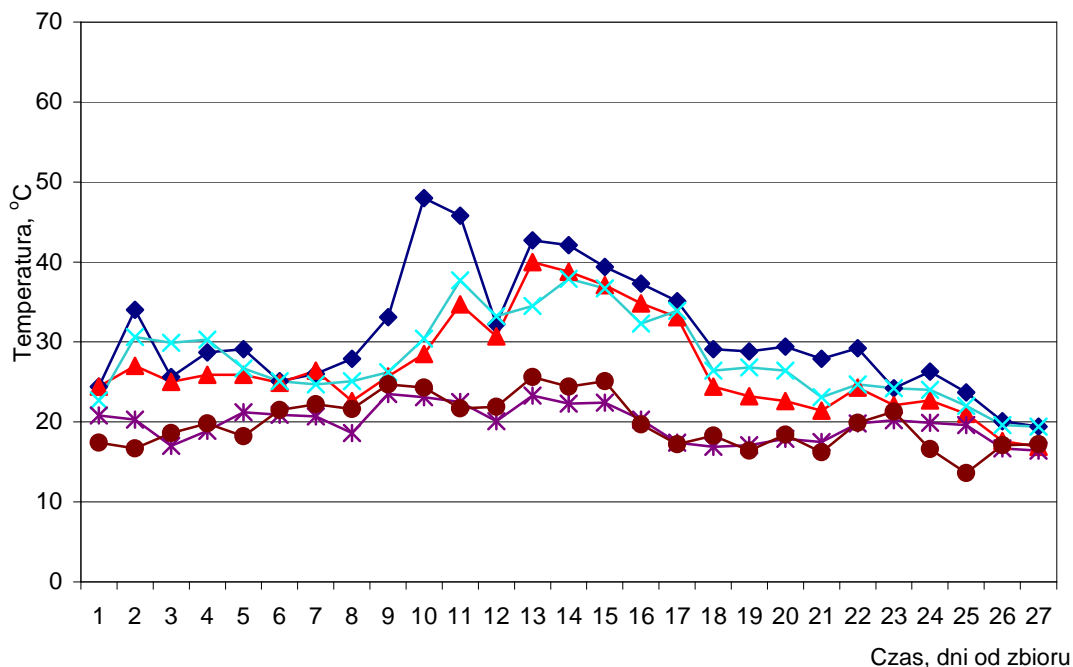


Rys. 3. Przebieg zmian temperatury siana w belach o wilgotności 28%:

◆ bez preparatu, zagęszczenie $160 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, ▲ z preparatem, zagęszczenie $160 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
 ✕ bez preparatu, zagęszczenie $110 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, * z preparatem, zagęszczenie $110 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, ● temperatura otoczenia

Fig. 3. Temperature of hay in the bales of 28% humidity:

◆ without additive, density 160 kg m^{-3} , ▲ with additive, density 160 kg m^{-3} ,
 ✕ without additive, density 110 kg m^{-3} , * with additive, density 110 kg m^{-3} , ● ambient temperature



Rys. 4. Przebieg zmian temperatury siana w belach o wilgotności 20%:

◆ bez preparatu, zagęszczenie $160 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, ▲ z preparatem, zagęszczenie $160 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
 ✕ bez preparatu, zagęszczenie $110 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, * z preparatem, zagęszczenie $110 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, ● temperatura otoczenia

Fig. 4. Temperature of hay in the bales of 20% humidity:

◆ without additive, density 160 kg m^{-3} , ▲ with additive, density 160 kg m^{-3} ,
 ✕ without additive, density 110 kg m^{-3} , * with additive, density 110 kg m^{-3} , ● ambient temperature

Tab. 3. Najwyższe zarejestrowane temperatury w belach siana
Table 3. Highest temperatures recorded in the bales

Wilgotność względna siana, %		Temperatura, °C przy zagęszczeniu	
		110 kg m ⁻³	160 kg m ⁻³
20	bez preparatu	37	48
	z preparatem	24	40
24	bez preparatu	39	52
	z preparatem	31	41
28	bez preparatu	39	69
	z preparatem	33	54

Tab. 4. Wyniki analiz chemicznych siana
Table 4. Chemical analyses

Wilgotność względna, %	Białko ogólne g·(kg[s.m.]) ⁻¹		Włókno surowe g·(kg[s.m.]) ⁻¹		Wartość energetyczna siana MJ·(kg[s.m.]) ⁻¹		Białko użyteczne g·(kg[s.m.]) ⁻¹		Jednostka paszowa produkcji mleka	
	przy zagęszczeniu kg·m ⁻³		przy zagęszczeniu kg·m ⁻³		przy zagęszczeniu kg·m ⁻³		przy zagęszczeniu kg·m ⁻³		przy zagęszczeniu kg·m ⁻³	
	110	160	110	160	110	160	110	160	110	160
28	233 ^a	229 ^a	235 ^a	237 ^a	4,06	4,05	124	123	0,72	0,71
24	219 ^b	217 ^b	262 ^b	262 ^b	4,10	4,08	128	127	0,72	0,72
20	217 ^b	215 ^b	266 ^b	267 ^b	4,14	4,13	129	127	0,74	0,74

Wartości oznaczone małymi literami (a, b) różnią się między sobą statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$).

3.3. Ocena jakości siana

Wyniki uzyskanych analiz chemicznych siana przedstawiono w tabeli 4. Najwyższą zawartość białka ogólnego 233g (kg [s.m.]⁻¹) stwierdzono w sianie zbieranym przy wilgotności 28% i masie objętościowej sprasowanego siana 110kg m⁻³, a najniższą przy wilgotności 20% i masie objętościowej 160kg·m⁻³. Obszar zmienności (rozstęp) wynosił 18g·(kg [s.m.]⁻¹). Wyniki analizy statystycznej wykazały, że istotne różnice w zawartości białka ogólnego występowały pomiędzy pierwszą grupą doświadczalną (wilgotność siana 28%), a drugą i trzecią grupą (wilgotność siana 20%, 24%) niezależnie od masy objętościowej sprasowanego siana. Różnice w zawartości białka ogólnego dla analizowanych wilgotności siana przy masie objętościowej 110kg·m⁻³ i 160kg·m⁻³ zastosowanych w badaniach były niewielkie i nie przekraczały 4g (kg[s.m.]⁻¹).

Analizując zawartość włókna surowego dla różnych wilgotności siana stwierdzono, że najniższa jego zawartość wystąpiła przy wilgotności siana 28% niezależnie od jego masy objętościowej. Dla pozostałych wilgotności siana (24%, 20%) zarówno przy masie objętościowej 110kg·m⁻³ i 160kg·m⁻³ zawartości włókna surowego były zbliżone. Obszar zmienności (rozstęp) wynosił 32g·(kg[s.m.]⁻¹).

Analiza statystyczna wykazała, że różnice statystyczne w zawartości włókna surowego wystąpiły pomiędzy pierwszą grupą doświadczalną (wilgotność siana 28%), a pozostałymi grupami (wilgotność siana 24% i 20%) przy masie objętościowej siana 110kg·m⁻³ i 160kg·m⁻³.

Różnice w zawartości włókna surowego dla wszystkich wilgotności siana przy masie objętościowej 110kg·m⁻³ i 160kg·m⁻³ były niewielkie i nie przekraczały 2g (kg[s.m.]⁻¹) (tab. 4).

Obliczona wartość energetyczna siana osiągnęła najwyższą wartość 4.14 MJ (kg[s.m.]⁻¹) dla siana o wilgotności 20%, i zagęszczeniu 110kg m⁻³. Dla pozostałych wilgotności siana wartości energetyczne były nieco niższe osiągając wartość najniższą 4.05 MJ (kg[s.m.]⁻¹) przy wilgotności siana 28% i masie objętościowej 160kg·m⁻³.

Różnice w wartościach energetycznych dla tych samych wilgotności siana przy dwóch różnych masach objętościowych tj. 110kg·m⁻³ i 160kg·m⁻³ były niewielkie. Obszar zmienności (rozstęp) wynosił 0.02 MJ(kg[s.m.]⁻¹).

Dla grup doświadczalnych o zróżnicowanej wilgotności najwyższą zawartość białka użytecznego 129g (kg[s.m.]⁻¹) stwierdzono w sianie o wilgotności 20% i masie objętościowej 110kg·m⁻³, a najniższą 123g (kg[s.m.]⁻¹) w sianie o wilgotności 28% i masie objętościowej 160kg·m⁻³. Nieco wyższe zawartości białka użytecznego występowały w sianie o masie objętościowej 110kg·m⁻³.

Wartości jednostki paszowej produkcji mleka w zależności od wilgotności siana dla dwóch różnych mas objętościowych zastosowanych w badaniach były nieznaczne i zawierały się w granicach od 0.71 do 0.74. Wyższe zawartości jednostki paszowej produkcji mleka stwierdzono w sianie o wilgotności 20% niezależnie od masy objętościowej sprasowanego siana.

4. Dyskusja wyników

W warunkach przeprowadzonego eksperymentu wyniki badań wykazały, że najniższe straty preparatu Inoculant 1155 w ilości 4,6% wystąpiły przy aplikacji go do siana w przedniej części komory zwijania prasy i tylko nieznacznie przekraczały wartość wskaźnika nierównomierności dozowania przez użyty w badaniach dozownik Gandy Jumbo. Natomiast zgodnie z przewidywaniami najwyższe straty preparatu w ilości 60% wystąpiły przy aplikacji go na wa-

łek siana. W literaturze przedmiotu brak jest precyzyjnych danych dotyczących wielkości tych strat dla różnych miejsc aplikacji preparatu do materiału roślinnego w maszynach zbierających. Colzani et al., [2], Harison [11], Wartenberg [22] sugerują jedynie, że straty te mogą być znaczne, co może być przyczyną uzyskania paszy złej jakości, a zabieg aplikacji preparatów staje się wówczas nierentowny. Wartenberg [22], Podkówa [17], Dulcet [6], Meisser [14] podają, że tylko dodanie preparatu w ściśle określonej ilości w zależności od rodzaju konserwowanych roślin pozwala na uzyskanie paszy bardzo dobrej jakości. W celu zapewnienia dodania preparatu do materiału roślinnego w ściśle określonej ilości Dulcet [3, 6] proponują zwiększyć jego ilość o wielkość występujących strat. Dlatego też podczas montowania aplikatora na prasach zwijających, przewody aplikatora należy zamontować w przedniej części komory zwijania (o ile pozwala na to konstrukcja użytej prasy zwijającej) lub nad podbieraczem prasy zwiększając dawkę preparatu o wielkość występujących strat (w warunkach eksperymentu o 13%).

Zbiór i przechowywanie siana prasowanego w belach cylindrycznych o podwyższonej wilgotności to ryzyko uzyskania siana złej jakości lub nawet jego samozapalenie się [18]. Analiza pomiarów temperatury wykazała, że dla wszystkich kombinacji doświadczalnych dodatek preparatu Inoculant 1155 spowodował obniżenie temperatury składowanego siana, przy czym wyższe temperatury zarejestrowano przy wyższym zagęszczeniu zastosowanym w badaniach, tj. $160 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ niezależnie od wilgotności siana.

Najniższe temperatury występowały w sianie o wilgotności 20% i masie objętościowej $110 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy różnicy temperatury maksymalnej wynoszącej 13°C pomiędzy sianem bez dodatku i z dodatkiem preparatu (tabela 3). Jak podają Kellner and Becker [12] dopiero wzrost temperatury siana powyżej 45°C powoduje utratę prawie 75% białka ogólnego i 12% włókna. Natomiast przekroczenie granicznej temperatury 75°C może spowodować samozapalenie się siana [13, 15].

Wyniki analiz chemicznych siana (tab. 4) wykazują, że przy podwyższonej wilgotności siana zaobserwowano obniżenie poziomu białka ogólnego i podwyższenie zawartości włókna surowego. Najwyższą wartość jednostki paszowej produkcji mleka stwierdzono w sianie zbieranym przy wilgotności 20%. Zbliżone wyniki badań uzyskał w swojej pracy Theune [20].

5. Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań wypracowano następujące wnioski:

- Miejsce aplikacji preparatu do wilgotnego siana w czasie jego zbioru prasą zwijającą jest czynnikiem wpływającym na wielkość jego strat. W warunkach przeprowadzonego eksperymentu najniższe straty preparatu Inoculant 1155 w ilości 1.6% stwierdzono w przypadku jego aplikacji do wilgotnego siana w przedniej części komory zwijania prasy. Dodając preparat do siana znajdującego się nad podbieraczem prasy zwijającej straty preparatu są większe i wynoszą 13%.
- Dodatek użytego w badaniach preparatu Inoculant 1155 obniża temperaturę siana w belach. Najniższe temperatury występowały w belach siana sporządzonego z materiału o wilgotności względnej 20% i zagęszczeniu $110 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy różnicy temperatur maksymalnych wynoszących 13°C po-

między sianem bez dodatku preparatu i z dodatkiem preparatu Inoculant 1155.

- Wyniki analizy chemicznej siana wykazały, że najbardziej korzystny, ze względu na jakość uzyskanego siana jest jego zbiór przy wilgotności względnej 20%.

Literatura

- [1] Coblenz WK., Turner IE., Scarbrough DA., Lesmerster KE., Keillogg DW., Coffey KP., Mc Beth LJ.: Storage characteristic of bermudgrass hay as affected by moisture content and density of square bales. Arkansas Agricultural Experiment Station Research series, 470, s. 154-161, 1999.
- [2] Colzani G., Santorio G., Martillotti F., Verna M.: *Studia e prove sperimentali su vari sistemi per distribuzione di integrativi conservativi nei tricianti*. Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione, Agricola, Roma, 1978.
- [3] Dulcet E.: Grünfütterkonservierung. Wie flüssige Präparate im Aufsammelhäcksler zudosieren ?. *Landtechnik* 53, s. 272, 1998.
- [4] Dulcet E., Woropay M.: Analysis of liquid additives loss when applied to green forage in a forage harvester. *Applied Engineering in Agriculture, American Society of Agricultural Engineers*, 16 (6), s. 653-656, 2000.
- [5] Dulcet E., Woropay M., Kaszkowiak J., Chruściel J.: Quality assessment of baled hay with microbiological additive. *The XIV Memorial CIGR World Congress*, Tsukuba, Japan, 299, 2000.
- [6] Dulcet E.: Quality assessment of the mixing of vegetable with additives in a forage harvester. *Journal of Agricultural Engineering Research The official Journal of the European Society of Agricultural Engineers*, 79 (3), s. 275-282, London, 2001.
- [7] Dulcet E., Woropay M.: On the Application Method and the loss of additive in a round baler. *Proceedings of the 3rd Asia Pacific Conference on Systems Integrity and Maintenance*. Queensland University of Technology, Australia, s. 89-92, 2002.
- [8] Dulcet E., Woropay M., Kaszkowiak J., Haczkiwicz T.: Analysis of uniformity of the application of granulated additive to hay during harvesting with the baler. *Proceedings of the 4th Asia-Pacific Conference on System Integrity and Maintenance*. The Indian Institute of Technology, Kanpur, India, s. 233-239, 2004.
- [9] Gregory PH., Lacey ME., Festenstein GN., Skinner FA.: Microbiological and biochemical changes during the moulding of hay. *Journal General Microbiology*, 33, s. 147-174, 1963.
- [10] Jarmoz D., Podkówa W., Chachułowa J.: *Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo*, PWN, Warszawa, 2001.
- [11] Harrison P.M.: Preservation of large round bales at high moisture. *Transactions of the ASAE*, 28(3), s. 356-359, 1985
- [12] Kellner D., Backer M.: *Podstawy żywienia zwierząt*. PWN, Warszawa, 1979.
- [13] Küntzel U.: Stabilisierung von feuchtem heu durch konservierungsmittel. *Übersichten zur Tierernährg*, 19, s. 87-132, 1991.
- [14] Meisser M.: Konservierung von Feuchtheu. *AGRA Forschung* 8 (2), s. 87-92, 1992.

- [15] Olszewski T.: Dobór i racjonalne wykorzystanie środków technicznych do produkcji zielonek na siano. IBMER, Warszawa, 1994.
- [16] Olszewski T.: Tendencje w rozwoju techniki rolniczej. Problemy Inżynierii Rolniczej 4(34), s. 137-142, 1998.
- [17] Podkówka W.: Kierunki w produkcji kiszonek i siana w Europie. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 462, s. 25-39, 1998.
- [18] Sęk T., Przybył J., Dach J.: Zbiór i konserwacja zielonek. Wyd. Akademia Rolnicza, Poznań, 2002.
- [19] Sierocka M.: Program na analizę wariancji. ATR, Bydgoszcz, 1998.
- [20] Theune HH.: Konservierungsmittel bei der Heubereitung. Das Wirtschaftseigene Futter, 23 (2), s. 88-100, 1997.
- [21] Tomes NJ; Shelley T; Allen G; Badner G; Price J; Soderlund S.: Preservation of alfalfa hay by microbial inoculation at baling. Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 123, s. 344-347, 1991
- [22] Wartenberg G.: Genauer dosieren. Landtechnik, 46 (6), s. 271-273, 1991.