

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA



WYDZIAŁ MECHANICZNY

KATEDRA AGROINŻYNIERII

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Robert Bujaczek

ANALIZA PROCESU APLIKACJI MELASY DO ZIELONKI ZBIERANEJ PRASĄ ZWIJAJĄCĄ W ASPEKCIE JAKOŚCI UZYSKANEJ PASZY

PROMOTOR:

prof. dr hab. inż. Edmund Dulcet

KOSZALIN 2016



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Badania zrealizowano w ramach projektu „***Inwestycja w wiedzę motorem rozwoju innowacyjności w regionie – II edycja***” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego i Budżetu Państwa Poddziałanie 8.2.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007 – 2013.

SKŁADAM SERDECZNE PODZIĘKOWANIA:

PROF. DR HAB. INŻ. EDMUNDOWI DULCETOWI

- *ZA OPIEKĘ NAUKOWĄ I WSZELKĄ POMOC JAKĄ MI UDZIELIŁ*

Ś.P. PROF. DR HAB. INŻ. JANOWI MIKOŁAJCZAKOWI

PROF. DR HAB. INŻ. PIOTROWI DORSZEWSKIEMU

- *ZA POMOC W BADANIACH I CENNE WSKAZÓWKI MERYTORYCZNE*

PRACOWNIKOM I DOKTORANTOM KATEDRY AGROINŻYNIERII

- *ZA STWORZENIE MIŁEJ ATMOSFERY I MOŻLIWOŚĆ REALIZOWANIA PRACY
DOKTORSKIEJ W KATEDRZE*

ŻONIE, RODZINIE I PRZYJACIOŁOM

- *ZA CIERPLIWOŚĆ, MOBILIZACJĘ I WSPARCIE*

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń	6
1. Wprowadzenie.....	8
2. Ocena stanu wiedzy zagadnienia na podstawie literatury	11
2.1. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych pras zwijających	11
2.2. Owijarki bel	22
2.3. Dodatki stosowane do zakiszania zielonek.....	26
2.4. Ocena metod dodawania preparatów do zakiszanych zielonek.....	30
2.5. Aplikatory preparatów – dozowniki	34
2.6. Analiza dotychczasowych badań dotyczących techniki aplikacji dodatków do zielonek.....	38
3. Cel i zakres pracy.....	41
3.1. Uzasadnienie celowości prowadzenia badań w zakresie wpływu procesu aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą na jakość uzyskanej kiszonki	41
3.2. Sformułowanie problemu badawczego.....	42
3.3. Cel pracy	42
3.4. Zakres pracy.....	43
4. Metodyka badań	44
4.1. Program badań	44
4.2. Stanowisko badawcze	46
4.3. Charakterystyka materiałów użytych do badań	51
4.3.1. Charakterystyka materiału roślinnego	51
4.3.2. Charakterystyka melasy	51
4.4. Opis zastosowanych technik pomiarowych.....	53
4.4.1. Pomiar wilgotności zielonki	53
4.4.2. Określenie wydajności zbioru.....	54
4.4.3. Określenie zagęszczenia beli	54
4.4.4. Określenie średniej długości zielonki przed i po cięciu	55
4.4.5. Ustalenie parametrów aplikacji	55
4.4.6. Ustalenie zawartości i rozmieszczenia melasy w belach.....	57
4.4.7. Ocena jakości i składu chemicznego sianokiszonki	59
4.5. Opis toku eksperymentu	61
4.6. Miejsce realizacji eksperymentu.....	61

4.7. Matematyczne opracowanie wyników badań	62
5. Analiza wyników badań	63
5.1. Zagęszczenie bel	63
5.2. Parametry aplikacji	63
5.3. Analiza rozmieszczenia melasy w belach.....	66
5.4. Analiza jakości i składu chemicznego uzyskanej sianokiszonki	77
6. Podsumowanie wyników badań.....	85
Wnioski	88
Streszczenie.....	91
Abstract.....	93
Bibliografia	95
Spis rysunków	107
Spis tabel.....	110

Wykaz ważniejszych oznaczeń

A, B, C, D, E – miejsca pobierania prób,
BNŻ – bilans azotu żwaczowego [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$]
BO – białko ogólne [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$]
CV – wskaźnik nierównomierności rozkładu [%],
EM – energia metaboliczna [$\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$]
i – liczba klas,
 J_m – jakość sianokiszonki,
K – wskaźnik nierównomierności wymieszania (współczynnik zmienności) dla sacharydów redukujących [%],
 l_m – średnia długość roślin dla wszystkich klas [mm],
M – miejsca aplikacji melasy do zielonki,
 I – melasa aplikowana na wał zielonki – przed podbieraczem,
 II – melasa aplikowana za podbieraczem, przed zespołem tnącym,
m – masa cieczy z i-tego rowka pomiarowego [g],
mb – metr bieżący,
 m_s – masa wysuszonej próbki [g],
 m_{sr} – średnia arytmetyczna masa cieczy z n-rowków pomiarowych,
 m_w – masa wilgotnej próbki [g],
n – liczba rowków pomiarowych,
nBO – białko ogólne dostępne w jelicie [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$]
NEL – energia laktacji netto [$\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$]
 n_i – liczba odcinków średniej długości roślin w danej klasie,
pH – stopień kwasowości,
 p_p – ciśnienie prasowania [MPa],
PS – popiół surowy [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$]
Q – wydajność zbioru [$\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$],
q – masa materiału z wałka o długości 100 m [kg],
s, m – sucha masa,
t – czas przejazdu przez agregat odcinka pomiarowego o długości 100 m [s],
W 1 ÷ W 5 – warianty zbioru zielonki (rodzaj uzyskanej sianokiszonki),
 w_m – wilgotność względna zielonki [%],
WS – włókno surowe [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}$],

$\bar{x}$ – średnia długość odcinków roślin w poszczególnych klasach [mm],

x_{sr} – średnia arytmetyczna zawartość cukrów redukujących [$\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$],

ρ_m – masa objętościowa sprasowanego materiału (zagęszczenie) [$\text{kg s.m.} \cdot \text{m}^{-3}$],

η – lepkość dynamiczna [$\text{Pa} \cdot \text{s}$],

φ – odchylenie standardowe.

1. Wprowadzenie

W produkcji pasz objętościowych w obrębie gospodarstwa, istotną rolę odgrywa właściwa konserwacja zielonych pasz roślinnych oraz możliwość dłuższego jej przechowywania. Jednym z ważniejszych czynników intensyfikacji produkcji zwierzęcej jest zapewnienie odpowiedniej ilości i jakości pasz objętościowych, a w szczególności pasz konserwowanych (siana i kiszonek). W procesie ich pozyskiwania ważną rolę odgrywa stosowana technologia, która prowadzi do uzyskania żądanych efektów produkcyjnych [Goliński, 2008]. Wśród sposobów konserwacji pasz objętościowych najczęściej stosowane jest suszenie i kiszenie. Produkowane obecnie siano jest często złej jakości ze względu na duże straty składników pokarmowych. W niekorzystnych warunkach dochodzą one nawet do 70% [Dulcet, 2001b; Sęk i in., 2002]. W związku z tym, kiszonki stanowią podstawowe źródło składników pokarmowych w okresie od jesieni do wiosny, który trwa 200 dni, a także coraz częściej w pozostałym okresie żywienia [Lipińska i in.; 2013]. Wzrost produkcji kiszonek związany jest nie tylko ze wzrostem popularności tej paszy, ale również z przeznaczaniem jej jako substratu do produkcji biogazu. Ponadto przy produkcji kiszonek poprzez ograniczenie niektórych zabiegów polowych (głównie przetrząsania) zredukowane są straty najcenniejszych części roślin – liści. Podczas zbioru zielonek z przeznaczeniem na kiszonkę, dzięki większej zawartości wody w roślinach nie następuje tak intensywne obłamywanie części roślin jak w przypadku zbioru siana [Nowak, 2007].

Uzyskanie kiszonki dobrej jakości, z minimalnymi stratami pokarmowymi możliwe jest przy stosowaniu najnowszych technologii produkcji tych pasz. Jedną z nich jest zakiszanie w belach cylindrycznych owiniętych folią z użyciem różnych dodatków sterujących procesem fermentacji (chemicznych, enzymatycznych lub biologicznych). Przy konserwowaniu pasz zielonych poprzez kiszenie, przeważająca część strat powstaje w wyniku oddychania i fermentacji, wypływania soku, psucia się paszy na powierzchni po otwarciu silosu. Najczęstszą przyczyną uzyskania kiszonek złej jakości jest niedobór łatwo dostępnego cukru, niezbędnego do wytworzenia wymaganych ilości kwasu mlekowego. Badania krajowe i zagraniczne jednoznacznie wskazują, iż zastosowanie dodatków do produkcji kiszonek z surowców roślinnych obniża ryzyko wystąpienia niepożądanych procesów w czasie zakiszania i dzięki temu można uzyskać kiszonki o stałej, wysokiej jakości pokarmowej. Podczas dodawania preparatów ważną

rolę odgrywa rodzaj użytego aplikatora i sposób aplikacji. Czynniki te w znacznym stopniu decydują o wpływie preparatu na jakość uzyskanej paszy [Dulcet, Woropay, 2000].

O ile w rolnictwie konwencjonalnym gama środków konserwujących jest szeroka, to w systemie rolnictwa ekologicznego rodzaj stosowanych dodatków do produkcji kiszonek i warunki ich stosowania są ściśle określone dyrektywą Rady 2092/91 EWG, która zezwala na wykorzystanie m.in. melasy. Aby umożliwić dodawanie melasy do pasz zakiszanych w przyzmach, zaleca się jej rozcieńczenie z wodą w stosunku nawet 1:4. Rozcieńczanie melasy wodą prowadzi do zwiększonego zużycia cieczy użytkowej na jednostkę zielonej masy i konieczność stosowania zbiorników o dużej pojemności lub częstego ich napełniania. Również prasy zwijające nie są konstrukcyjnie przystosowane do montowania na nich zbiorników o dużej pojemności (kilkaset litrów), a częste napełnianie zbiornika wpływa niekorzystnie na ekonomikę produkcji kiszonki. Przeprowadzone badania wskazują, że dodatek melasy do pasz korzystnie wpływa na jej smakowość, pobieranie przez zwierzęta oraz strawność [Baskay i in., 1999; Baytok i in., 2005; Niwińska, 2008]. Należy jednak zaznaczyć, że kiszonki produkowane były w przyzmach lub przygotowane w laboratorium.

Nowatorskim rozwiązaniem skracającym proces technologiczny, czyniącym go bardziej ekologicznym i oszczędnym ekonomicznie może być aplikacja melasy bezpośrednio w trakcie zbioru zielonki prasą zwijającą. Aplikacja dodatków do materiałów roślinnych podczas zbioru zapewnia dobre wymieszanie z zielonką, jest łatwa do zmechanizowania, a proces fermentacji zielonek zaczyna się już w maszynie [Dulcet, 2001a].

Sterowanie procesem fermentacji w celu uzyskania kiszonek bardzo dobrej jakości przy użyciu różnych preparatów należy obecnie do najbardziej dynamicznie rozwijających się energooszczędnych metod ich produkcji.

W przypadku aplikatorów do melasy powinno się dążyć do minimalnego wykorzystania wody jako rozcieńczalnika, zachowując zadowalające efekty rozprowadzenia roztworu w zielonce. Niewłaściwa ilość, stężenie czy rozprowadzenie melasy może wpłynąć ujemnie na jakość kiszonki, a w konsekwencji na zdrowie zwierząt. W oparciu o dotychczasową wiedzę i doświadczenie autor pracy podjął się badań nad opracowaniem techniki aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą znacznie ograniczając zastosowanie wody. Pozwoli to na uzyskanie

wysokojakościowej kiszonki, która stanowi podstawę żywienia przeżuwaczy w okresie zimowym.

2. Ocena stanu wiedzy zagadnienia na podstawie literatury

2.1. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych pras zwijających

Wprowadzenie do prac związanych z produkcją kiszonek pras zwijających, pozwala na szybki i terminowy zbiór plonów przeznaczonych na paszę dla zwierząt. Prasami zwijającymi najczęściej zbierany jest materiał roślinny z uprzednio uformowanych wałów. Wykorzystywane zarówno do zbioru słomy, siana, jak i przewiędniętej i podsuszanej zielonki z przeznaczeniem na kiszonkę. Zakiszanie surowców roślinnych w postaci bel cylindrycznych owiniętych folią jest obecnie powszechnie stosowaną metodą konserwowania pasz w wielu krajach. Technologia produkcji kiszonek i sianokiszonek w belach cylindrycznych owiniętych folią jest alternatywą dla produkcji siana. Główną zaletą konserwowanych bel jest to, że pasza może być zbierana przy większej wilgotności, a warunki atmosferyczne nie odgrywają tu istotnej roli [Shinners i in., 2009; Korpysz, Gach, 2011]. Ciągły wzrost zainteresowania tą metodą wśród hodowców bydła zmusza producentów pras zwijających do stosowania coraz to nowszych rozwiązań konstrukcyjnych. Prasy zwijające, jako główne ogniwo w tej technologii charakteryzują się prostotą konstrukcji, uniwersalnością oraz dużą wydajnością. Stosunkowo niska cena pras zwijających, ich zalety oraz możliwość zmechanizowania poszczególnych etapów produkcji kiszonek, spowodowały znaczny wzrost produkowanych w ten sposób pasz. Rozwój konstrukcji pras dotyczy przede wszystkim podzespołów, które decydują o wydajności i jakości pracy. Najważniejszym z nich jest zespół rozdrabniający oraz zespół zwijający (prasujący) bele [Banasiak i in., 1999; Chachułowa, Skomiał, 1997; Dulcet, 2001b; Shinners i in., 2009; Gach, Kostyra, 2011a].

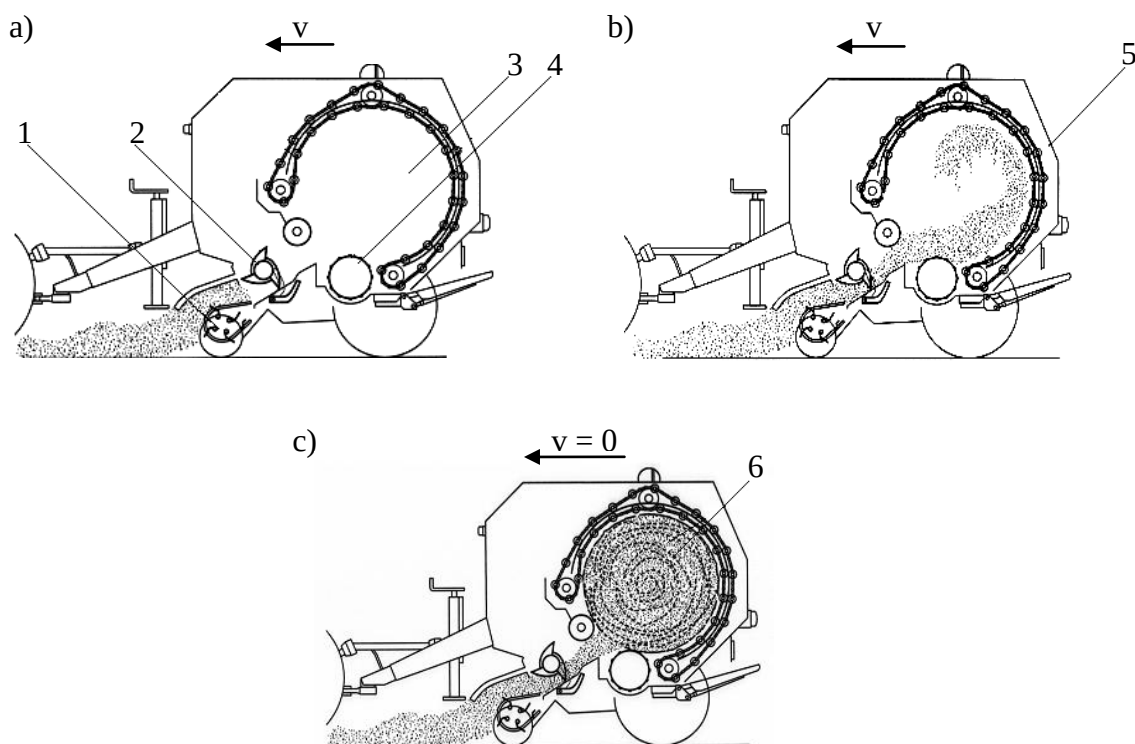
Zasadniczy podział pras zwijających wynika z konstrukcji komory prasowania i sposobu tworzenia beli. Ze względu na sposób zwijania prasowanego materiału produkowane obecnie prasy możemy podzielić na trzy grupy [Jarmocik, 2007]:

- o stałej komorze prasowania,
- o zmiennej komorze prasowania,
- hybrydowe.

Komora zwijania jest dwuczęściowa i składa się z nieruchomej części przedniej oraz ruchomej (podnoszonej i opuszczanej) części tylnej. Zwinięta i uformowana bela w komorze zwijania wyrzucana jest na pole po otwarciu tylnej części komory.

Stałokomorowe prasy zwijające tworzą bele o jednej, określonej konstrukcją prasy, średnicy. Prasy stałokomorowe charakteryzują się prostszą konstrukcją (w porównaniu z innymi prasami), brakiem trudności z rozpoczęciem zwijania beli, małą wrażliwością na wilgotność i równomierność rozłożenia zielonki w wale [Waszkiewicz i in., 2004]. Jednak jak twierdzi Koegel, Straub i Walgenbach (1985) zbiór zielonki prasą ze stałą komorą zwijania powoduje 2,5-krotnie większe straty niż prasą zmiennokomorową. Zasadniczą wadą tej grupy pras jest duże zapotrzebowanie mocy w fazie formowania zewnętrznej części beli [Przybył, Sęk, 2010].

W prasach stałokomorowych zwijanie i zagęszczanie materiału odbywa się od zewnątrz do wewnątrz beli (rys.1).



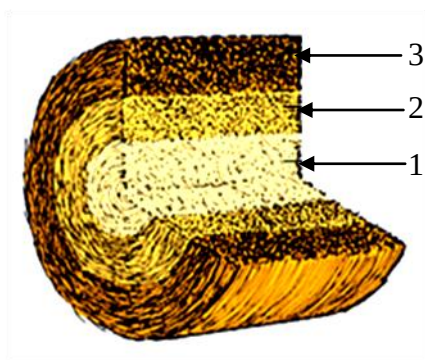
Rysunek 1. Proces tworzenia beli w prasie stałokomorowej: a) rozpoczęcie pracy prasy zwijającej, b) napelnianie komory zwijania, c) wypełniona komora zwijania – owijanie beli sznurkiem lub siatką; 1 – podbieracz, 2 – zespół tnący, 3 – komora zwijania, 4 – dolny walec formujący, 5 – tylna, uchylna część komory zwijania, 6 – uformowana bela.

Źródło: Opracowanie własne.

Proces zwijania beli następuje do momentu ścisłego wypełnienia komory prasowania, a elementy odpowiedzialne za obracanie i ścisk materiału praktycznie nie ulegają przemieszczeniom w czasie procesu tworzenia beli. Dostarczany do komory zwijania pas materiału roślinnego unoszony jest do góry, aż do chwili jego załamania (rys. 1b). Wraz z ciągłym dostarczaniem materiału następuje jego przemieszczenie w komorze, które można rozpatrywać jako dalsze zwijanie się wciąganej warstwy (rys. 1c). Tak uformowana bela ma luźny rdzeń (rys. 2), co ułatwia odparowanie wody z niedosuszonego siana czy też transport bel słomy z użyciem widel [Sun i in., 2010]. Prasy stałokomorowe mogą różnić się budową komory zwijania (rys. 3).

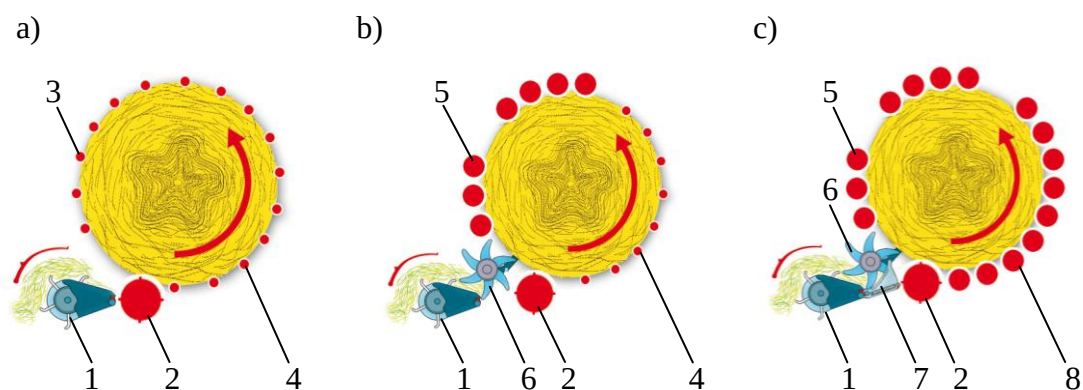
Możemy wyróżnić następujące komory:

- łańcuchowo – prętowe,
- łańcuchowo – walcowe,
- walcowe,
- pasowe.



Rysunek 2. Budowa beli pochodzącej z prasy ze stałą komorą prasowania: 1 – luźny rdzeń, 2 – warstwa pośrednia, 3 – zagęszczona warstwa zewnętrzna.

Źródło: Opracowanie własne.



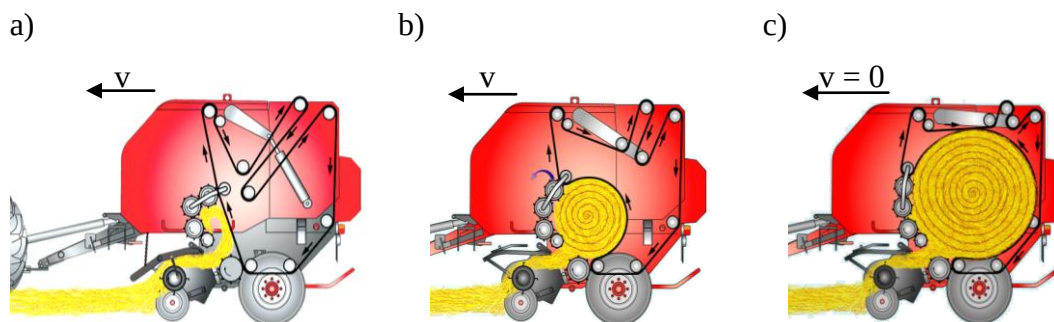
Rysunek 3. Rodzaje komór zwijania w prasie stałokomorowej: a) łańcuchowo – prętowa, b) łańcuchowo – walcowa z podajnikiem obrotowym, c) walcowa z zespołem tnący: 1 – podbieracz, 2 – dolny wałek formujący, 3 – przednia, łańcuchowo – prętowa część komory zwijania, 4 – tylna, łańcuchowo – prętowa część komory zwijania – uchylna, 5 – przednia, walcowa część komory zwijania, 6 – podajnik obrotowy, 7 – noże tnące, 8 – tylna, walcowa część komory zwijania – uchylna.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmowych Unia Group.

Podstawowa różnica wynikająca z budowy komory prasowania pras stałokomorowych polega na uzyskaniu nieznacznie odmiennego stopnia zagęszczenia beli.

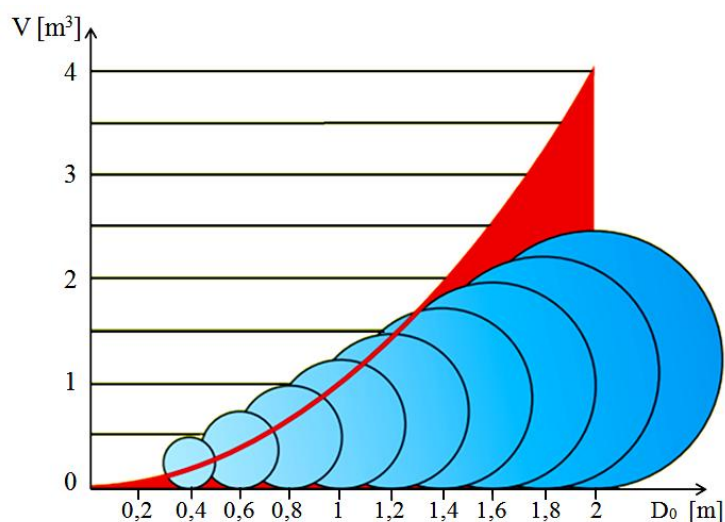
W początkowym okresie wdrażania rozpatrywanej technologii zbioru pasz objętościowych do produkcji kiszzonek (sianokiszzonek) wykorzystywano głównie prasy o stałej komorze prasowania. Wychodząc na przeciw wymaganiom producentów rolnych korzystających z omawianej technologii, dostosowano również prasy o zmiennej komorze prasowania. Pozwoliło to, na precyzyjne dostosowanie wielkości beli do dziennego zapotrzebowania na pasze [Gaworski, 2009].

W prasach ze zmienną komorą prasowania (rys. 4) masa jest ściskana stopniowo w trakcie zwijania materiału, a zagęszczanie zbieranej masy następuje od wewnątrz do zewnątrz beli. Otrzymane bele materiału roślinnego charakteryzuje się stosunkowo stałym stopniem zagęszczenia na całej długości ich średnicy [Przybył, Sęk, 2010; Błaszkievicz, 2001; Dulcet i in., 2000; Kuczewski, Waszkiewicz, 1997; Gach, Kostyra, 2011b]. W prasach zmiennokomorowych istnieje możliwość regulacji średnicy beli w pewnych granicach określonych przez producenta prasy. Zależność objętości beli od jej średnicy przedstawia rysunek 5.



Rysunek 4. Schemat tworzenia beli w prasie zmiennie komorowej: a) początkowy etap zwijania, b) formowanie rdzenia beli, c) końcowy etap zwijania, owijanie beli.

Źródło: Opracowanie własne.



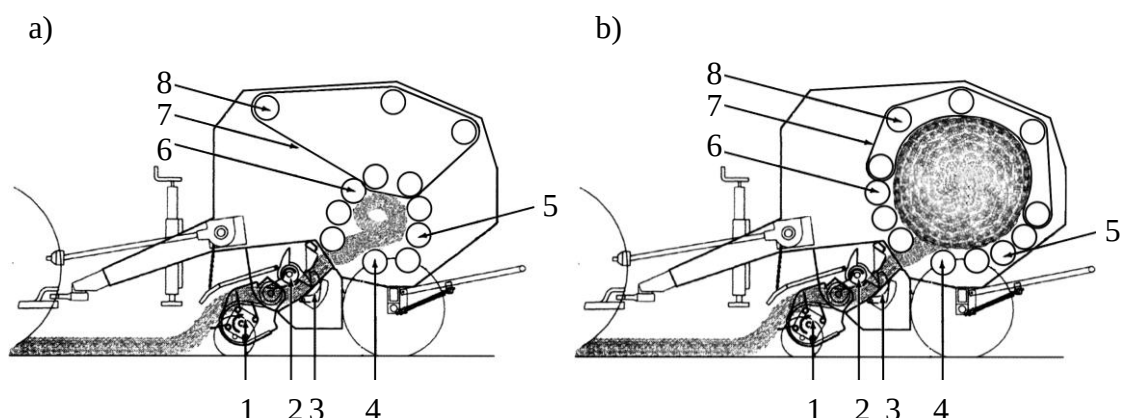
Rysunek 5. Zmiana objętości beli w zależności od jej średnicy dla komory zwijania o szerokości 1,23 m.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Lely, 2015.

Zagęszczenie bel formowanych tymi prasami jest większe w porównaniu z materiałem zbieranym prasą o stałej komorze prasowania. Istnieją natomiast trudności ze zwijaniem rdzenia beli (wymagane jest równomierne wypełnienie komory na całej jej szerokości) oraz wrażliwość na nierównomierność wałka pokosu [Dulcet, 2001b; Waszkiewicz i in., 2004].

Stałe zagęszczenie materiału od początku zasilania przestrzeni roboczej nie jest rozwiązaniem idealnym w każdym przypadku. Stąd producenci zaczęli oferować prasy hybrydowe (rys. 6). Prasy te, łączą w sobie zalety maszyn z dwóch pierwszych grup,

pozwalają na zwijanie bel o różnej średnicy i dużym zagęszczeniu [Dulcet, 2001b; Jarmocik, 2007]. Podczas pierwszej fazy prasowania (rys. 6 a) prasa hybrydowa pracuje jako maszyna stałokomorowa, chociaż objętość komory jest znacznie mniejsza. Bela jest prasowana do momentu, aż część zostanie napełniona, a wtedy prasa zaczyna pracować na zasadzie prasy zmiennokomorowej (rys.6 b). Tak uformowana bela przy tej samej masie posiada luźniejszy rdzeń i nieco mniejszą średnicę niż bela z prasy zwijającej stałokomorowej. W początkowym okresie formowania beli nie występują trudności z formowaniem rdzenia.

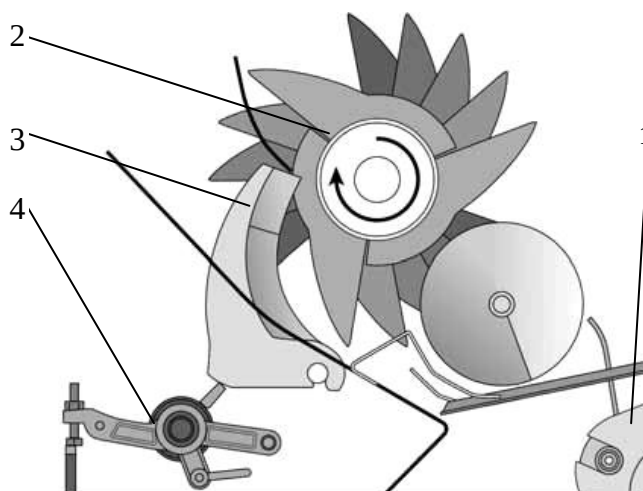


Rysunek 6. Schemat budowy i zasada działania prasy hybrydowej: a) działanie wg stałej komory prasowania, b) działanie wg zmiennej komory prasowania, 1 – podbieracz, 2 – podajnik, 3 – noże tnące, 4 – dolny walec formujący, 5 – tylny zespół walców uchylnych, 6 – przedni zespół walców uchylnych, 7 – pasy, 8 – rolki napinające.

Źródło: Dulcet, 2001b; Jarmocik, 2007.

Istotną cechą pras zwijających, przydatną w procesie produkcji pasz objętościowych jest przystosowanie maszyn do jednoczesnego zbioru i cięcia zbieranej zielonki. Zespół tnący rozdrabniając wstępnie zielonkę umożliwia zwiększenie stopnia zagęszczenia zwijanego materiału – do 15%. Uzyskana w ten sposób większa masa bel powoduje zmniejszenie ich liczby, a tym samym zmniejszenie ilości sznurka lub siatki oraz folii do owijania. Zmniejszają się również koszty transportu i przechowywania [Amours, Savoie, 2005]. Ponadto rozdrabnianie zielonki przeznaczonej na sianokiszonkę ułatwia późniejsze porcjowanie paszy, mieszanie z innymi komponentami w wozach paszowych i dozowanie [Radkowski, Kuboń, 2007; Sęk i in., 1997; Gach, Kostyra, 2011a]. Początkowo producenci pras zwijających w zespoły tnące wyposażali prasy ze stałą komorą prasowania. Decydowała o tym m.in. prostsza konstrukcja komory prasowania, brak trudności z rozpoczęciem zwijania beli oraz mała wrażliwość na wilgotność i nierównomierność rozłożenia zielonki

w wale [Dulcet, Fleszar,(red) 2009]. Jako pierwsze rozwiązania zespołów rozdrabniających stosowane były: zespół bijakowy oraz zespół składający się z biernych noży osadzonych na walcu podającym. Jednak ze względu niską wydajność i wąski zakres zastosowania zespoły te nie zyskały wielu zwolenników. Ciągły postęp technologiczny w rolnictwie oraz wzrost zainteresowania produkcją sianokiszonek w belach owiniętych folią doprowadził do opracowania przez konstruktorów uniwersalnego, łatwego w obsłudze zespołu tnącego. Obecnie najczęściej spotykanym rozwiązaniem w praktyce jest zespół tnący składający się z biernych noży i podajnika obrotowego (ładowacza bębnowego), który stanowi krawędź przeciwną [Bujacek, Dulcet, 2010; Dulcet, 2003a; Dulcet, Borowski, 2003b]. Schemat budowy zespołu tnącego z biernymi nożami przedstawia rysunek 7.

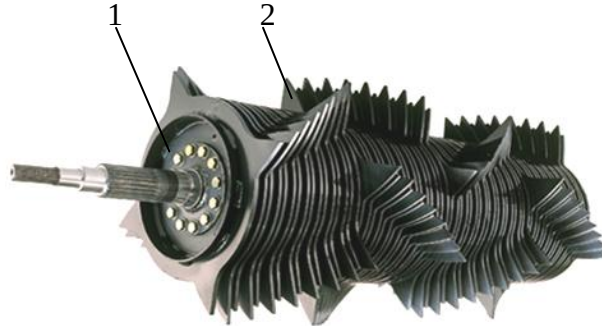


Rysunek 7. Schemat budowy zespołu tnącego w prasie zwijającej: 1 – podbieracz, 2 – podajnik bębnowy, 3 – nóż, 4 – mechanizm zabezpieczający noż.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmowych Casse IH, New Holland.

Kształt oraz sposób ułożenia elementów przeciwnących na obwodzie podajnika bębnowego może być różny, w zależności od producenta prasy. Najczęstszym spotykanym rozwiązaniem jest podajnik obrotowy z palcami ułożonymi wzdłuż linii śrubowej, gdzie palce mogą występować w grupach przesuniętych względem siebie oraz podajnik z sinusoidalnie rozmieszczonymi palcami (stosowane m.in. przez: Krone, Fendt, Unia Group). Stosowane obecnie konstrukcje podajnika gwarantują równomierne obciążenie rotora na całej jego długości oraz zapewniają płynne podawanie materiału na całej szerokości komory zwijania. W podajnik obrotowy

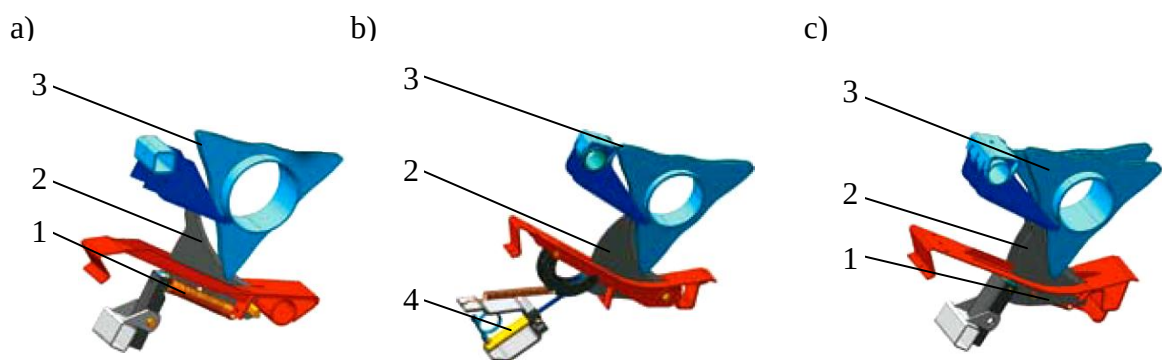
wyposażone są również prasy bez zespołu tnącego. Wówczas elementy przeciwnące zastąpione są przez palce podajnika. Widok ładowacza bębnowego przedstawia rysunek 8.



Rysunek 8. Ładowacz bębnowy: 1 – bęben zespołu tnącego, 2 – elementy przeciwnące.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmowych Casse IH.

Charakterystyczną cechą zespołów tnących jest liczba biernych noży. W zależności od producenta możemy mieć do dyspozycji od 11 do 26 sztuk, z możliwością włączania ich w grupach, dzięki czemu uzyskać można sieczkę o różnej długości. Aby uniknąć uszkodzenia noży, zabezpieczone są one przed przeciążeniem indywidualnie, grupowo lub całościowo, mechanicznie lub hydraulicznie, w zależności od specyfikacji danej prasy (rys. 9).



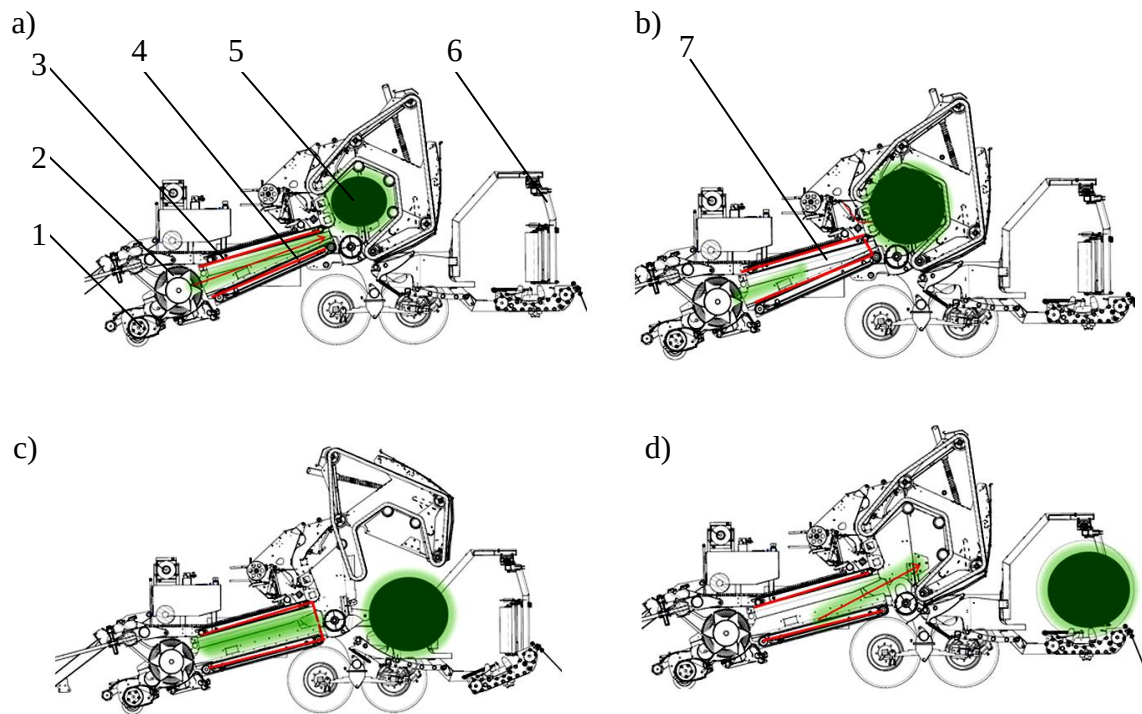
Rysunek 9. Sposoby zabezpieczeń noży zespołu tnącego przed uszkodzeniem: a) indywidualny, mechaniczny, b) indywidualny, hydrauliczny, c) grupowy, mechaniczny, 1 – sprężyna, 2 – nóż, 3 – palec podajnika obrotowego, 4 – cylinder hydrauliczny.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmowych Kuhn.

Podstawową wadą przedstawionych pras zwijających jest konieczność zatrzymania agregatu ciągnik – prasa, w momencie wypełnienia komory zwijania, w celu owinięcia beli sznurkiem (siatką, folią) i jej wyładunku. Jak podaje Przybył [2008] czas obwiązywania beli sznurkiem stanowi ok. 1/3 czasu zwijania beli. Wyposażenie pras w owijanie bel siatką pozwoliło skrócić czas przestoju, ale nie wyeliminowało go całkowicie. Najnowsze rozwiązania konstrukcyjne to jednoczesne prasowanie i owijanie. Możliwe to jest dzięki szeregowemu połączeniu ze sobą prasy zwijającej z owijką. Taka konstrukcja maszyny umożliwia uzyskanie większej wydajności i krótkiego czasu pomiędzy uformowaniem beli, a jej owinięciem. Bela bezpośrednio po owinięciu owijana jest folią przez owijkę, nie ma kontaktu z glebą, co korzystnie wpływa na jakość uzyskanej kiszonki.

Najnowsze rozwiązania w aspekcie pracy pras zwijających to konstrukcje maszyn pozwalające zbierać materiał bez przestojów (non – stop). To innowacyjne rozwiązanie zastosowała m.in. firma Krone w prasie ze zintegrowaną owijką o symbolu Ultima CF155 XC. Prasa ta działa na zasadzie prasy hybrydowej z wstępną komorą zwijania, o początkowej średnicy beli 0,8 m, a poszczególne etapy prace wykonywane są w sposób automatyczny, bez konieczności ingerencji operatora. Zasada działania prasy przedstawia rysunek 10.

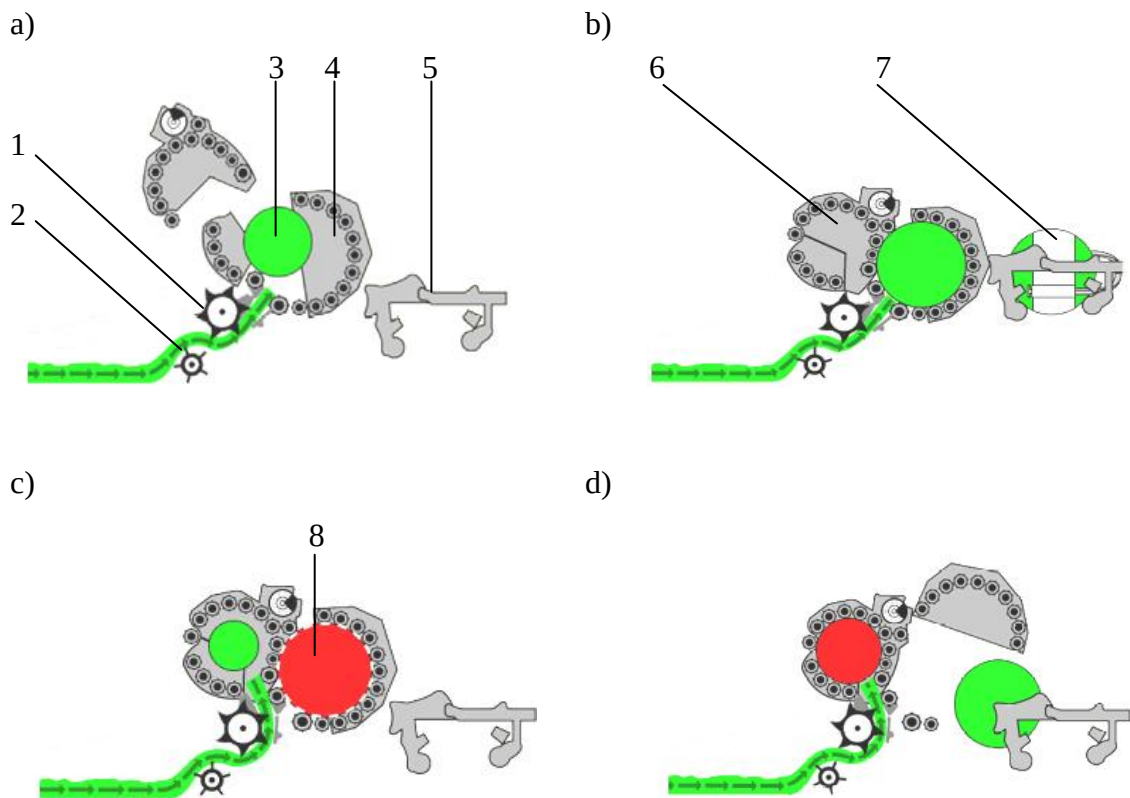
Zbierany materiał podawany jest płynnie poprzez przenośnik górny i dolny do komory zwijania (rys. 10 a), które tworzą stożkowy kanał zasilający. Gdy bela wewnątrz komory uzyska określoną średnicę oba przenośniki chwilowo działają w przeciwnym kierunku, transportując materiał w stronę zespołu tnącego (rys. 9 b). W tym momencie następuje owijanie beli siatką, a przenośniki zostają zatrzymane. Po owinięciu beli otwiera się komora zwijania, bela przekazywana jest na stół owijkarki, natomiast dolny przenośnik taśmowy obniża się w tylnej części powiększając wstępną komorę prasowania (rys. 10 c). Przenośniki nadal pozostają unieruchomione. Po wyładunku beli komora zamyka się, przenośniki zostają wprowadzone w ruch i transportują wstępnie zagęszczony materiał znajdujący się pomiędzy nimi do komory zwijania (rys. 10 d). W tym czasie następuje również owijanie beli folią, dolny przenośnik powraca do pozycji roboczej (rys. 10 a). Jak podaje producent takie rozwiązanie pozwala na tworzenie bel o średnicy 1,25 – 1,5 m co 40 sekund, tym samym zwiększając wydajność zbioru nawet o 50% w stosunku do standardowych pras.



Rysunek 10. Zasada działania prasy zwijającej Krone Ultima CF 155 XC: a) cykl formowania beli, b) owijanie beli siatką, c) wyładunek beli na stół owijarki, d) owijanie beli folią; 1 – podbieracz, 2 – zespół tnący, 3 – górny przenośnik taśmowy, 4 – dolny przenośnik taśmowy, 5 – bela w komorze zwijania, 6 – owijarka, 7 – wstępna komora prasowania.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmowych Krone.

Inne rozwiązanie w prasie zwijającej pracującej non-stop zastosowano w prasoowijarce Vicon FastBale. Zasadę działania maszyny przedstawia rysunek 11. Prasa ta posiada dwie walcowe, stałe komory zwijania usytuowane w szeregu. W początkowym etapie zwijania bela formowana jest do 2/3 średnicy w komorze wstępnej (rys. 11 a), następnie przekazywana jest do właściwej komory zwijania. Na tym etapie strumień zbieranego materiału również kierowany jest do komory właściwej, gdzie następuje ostateczne formowanie beli do osiągnięcia średnicy 1,25 m (rys. 11 b). Po uformowaniu beli zbierany materiał transportowany jest do komory wstępnej, a w komorze właściwej realizowane jest owijanie beli siatką (rys. 11 c). Owinięta bela przekazywana jest do tylnej części maszyny – na stół owijarki, gdzie wykonywane jest jej owijanie folią (rys. 11 b, d). Zautomatyzowanie procesu formowania beli wg producenta pozwala osiągnąć wydajność do 130 bel na godzinę.

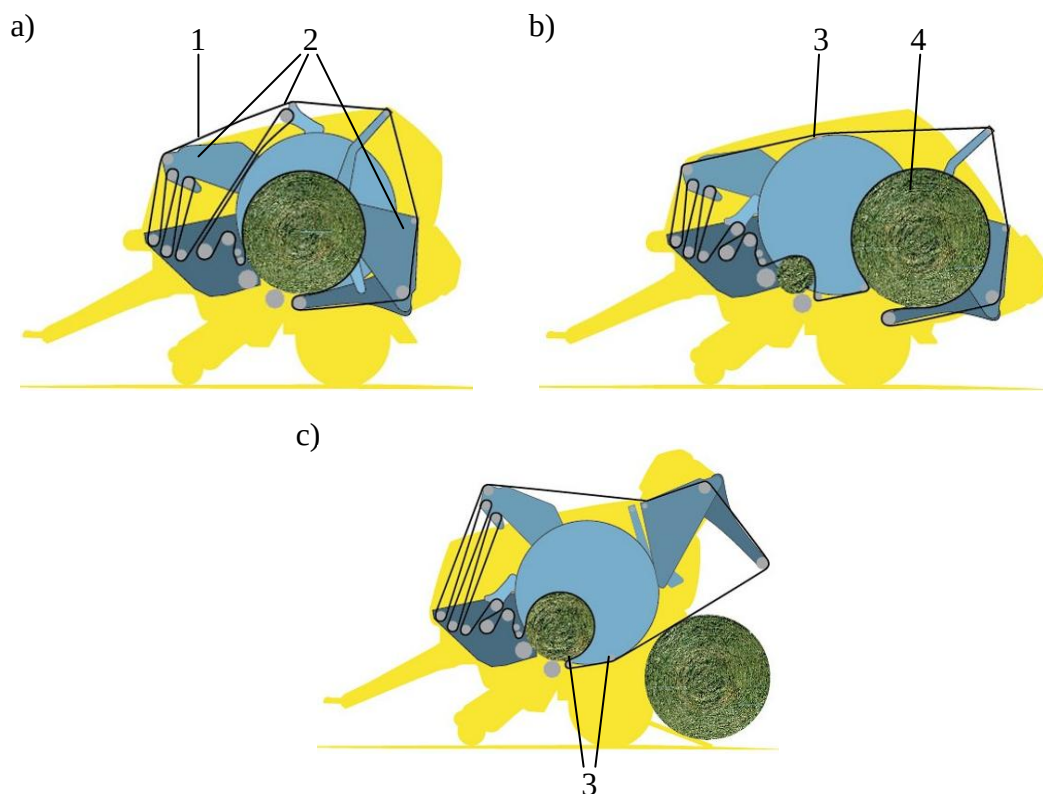


Rysunek 11. Zasada działania prasy zwijającej non-stop Viccon FastBale: a) przekazanie wstępnie uformowanej beli do komory właściwej, b) owijanie beli siatką oraz wstępne formowanie beli, c) wyładunek beli na stół owijarki, d) formowanie beli w komorze właściwej; 1 – podbieracz, 2 – zespół tnący, 3 – wstępnie uformowana bela, 4 – właściwa komora zwijania, 5 – owijarka, 6 – wstępna komora zwijania, 7 – owijanie beli folią, 8 – owijanie beli siatką w komorze właściwej.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmowych Viccon.

Odmienne rozwiązanie w prasie zwijającej pracującej w ruchu ciągłym zastosowano w prasie zwijającej Lely Welger CB Concept przedstawionej na rysunku 12. Zwijanie beli odbywa się tu przy współpracy pojedynczego pasa o szerokości komory zwijania (1), zespołu napinającego (2) oraz walców tworzących dwie komory (3). Bezkrzywkowy podbieracz i jednostka Xtracut 17 z systemem Hydroflex podbierają materiał. Pobierany materiał poprzez zespół tnący transportowany jest do komory zwijania, gdzie rozpoczyna się formowanie beli (rys. 12 a). Większość pasa, który jest przystosowany do formowania dwóch bel, jest buforowana w przedniej części maszyny poprzez zespół napinający. Bela po osiągnięciu pełnego rozmiaru jest przesuwana za pomocą walców (3) przez komorę belowania do tylnej części maszyny (rys. 12 b). Na tym etapie rozpoczyna się owijanie siatką. W przedniej części prasy natychmiast rozpoczyna się formowanie nowej beli. Bela owinięta siatką opuszcza

prasę w wyniku otwarcia tylnej części komory zwijania (rys.12 c). Następnie tylna część komory powraca do pozycji początkowej (rys. 12 a), gdzie realizowane jest formowanie kolejnej beli.



Rysunek 12. Zasada działania prasy Lely Welger CB Concept: a) formowanie beli, b) owijanie beli siatką oraz formowanie kolejnej beli, c) wyładunek beli; 1 – pas formujący bele, 2 – zespoły napinające pas, 3 – walce tworzące dwie komory.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów firmowych Lely.

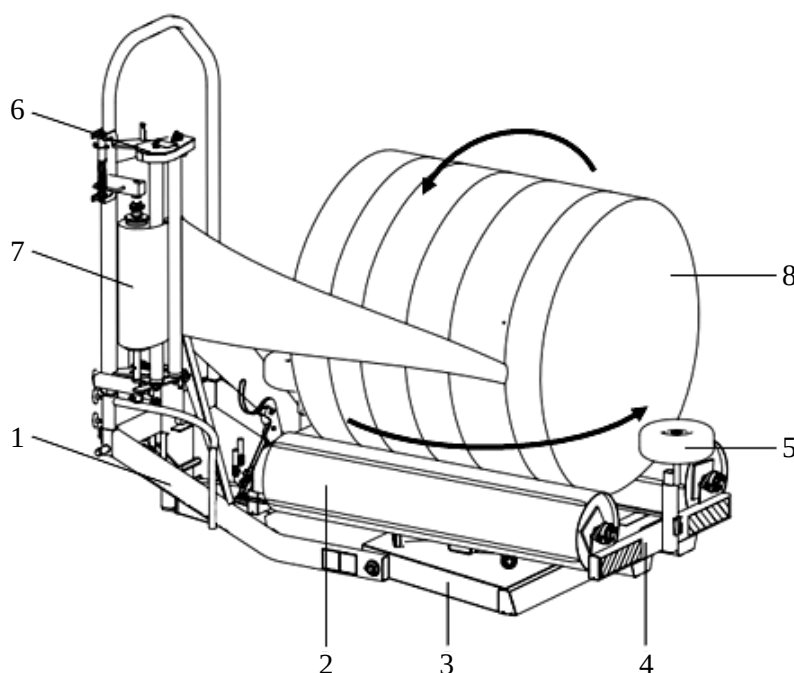
2.2. Owijarki bel

Jedną z zasad prawidłowej technologii zakiszania surowca roślinnego jest dokładne okrycie i uszczelnienie składowanej masy. Jest to szczególnie ważne w technologii zakiszania w dużych belach, gdzie powierzchnia kiszonki, która ma bezpośredni kontakt z folią, jest 6 – 8 razy większa niż powierzchnia kiszonki w silosie [Wróbel i in., 2010; Szterk, Mikołajczak, 2007; Gaworski, 2009].

W przypadku materiału zbieranego prasami zwijającymi może to być realizowane między innymi poprzez owijanie folią rozciągliwą pojedynczych bel lub owijanie bel w tunelach – rękawach foliowych. Do zakiszania pasz w sprasowanych belach

wykorzystuje się owijarki. Są to urządzenia pozwalające na szczelne owinięcie bel wykorzystujące folię o grubości 0,025 mm – 0,030 mm i szerokości wynoszącej najczęściej 0,5 m lub 0,75 m [Winnicki i in., 2009]. Podczas owijania wymagane jest wstępne naprężenie folii powodujące jej rozciąganie w granicach 40% – 65%. Ma to na celu zwiększenie jej przyczepności do owijanego materiału i poprzednio nałożonych warstw. Dla skutecznego zabezpieczenia konserwowanego materiału przed dostępem powietrza zaleca się nakładanie 4 – 6 warstw folii z zachowaniem zakładki 75 % lub 50 % [Gach, in., 2008; Wróbel i in., 2010; Keles i in., 2009; O'Brien i in., 2007; Han i in., 2014; Przybył, 2007].

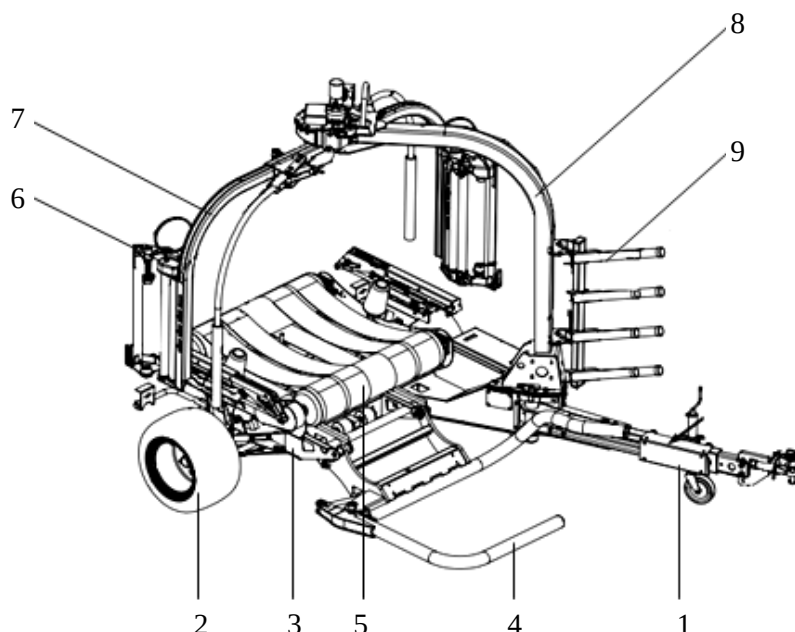
Maszyny stosowane do owijania folią rozciągliwą zakiszanej paszy w formie bel cylindrycznych można sklasyfikować ze względu na sposób nakładania poszczególnych warstw materiału zabezpieczającego (folii). Pierwszą grupę stanowią maszyny, w których bela wykonuje jednoczesny obrót wokół osi pionowej i poziomej, a folia jest rozwijana ze szpuli umieszczonej na stałej osi (rys. 13). Owinięcie beli folią uzyskuje się przez obrót stołu roboczego i w wyniku ruchu obrotowego walców nośnych, na których spoczywa bela [Dmitrewski, Gach, 1999].



Rysunek 13. Schemat budowy owijarki bel z obrotowym stołem: 1 – rama główna, 2 – wałek obrotowy, 3 – dolna rama uchylna, 4 – stół obrotowy, 5 – rolka boczna, 6 – podajnik folii, 7 – szpula z folią, 8 – owijana bela.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie instrukcji obsługi owijarki Z-552.

Znaczną grupę owijarek stanowią rozwiązania z nieruchomym stołem i obrotowym ramieniem, w których belka wykonuje tylko obrót wokół własnej osi. Zespół owijający zamocowany jest na ramieniu obracającym się wokół własnej osi osadzonej na wysięgniku słupa wsporczego [Gach i in., 2008]. Rozwiązanie takie przedstawia rysunek 14.



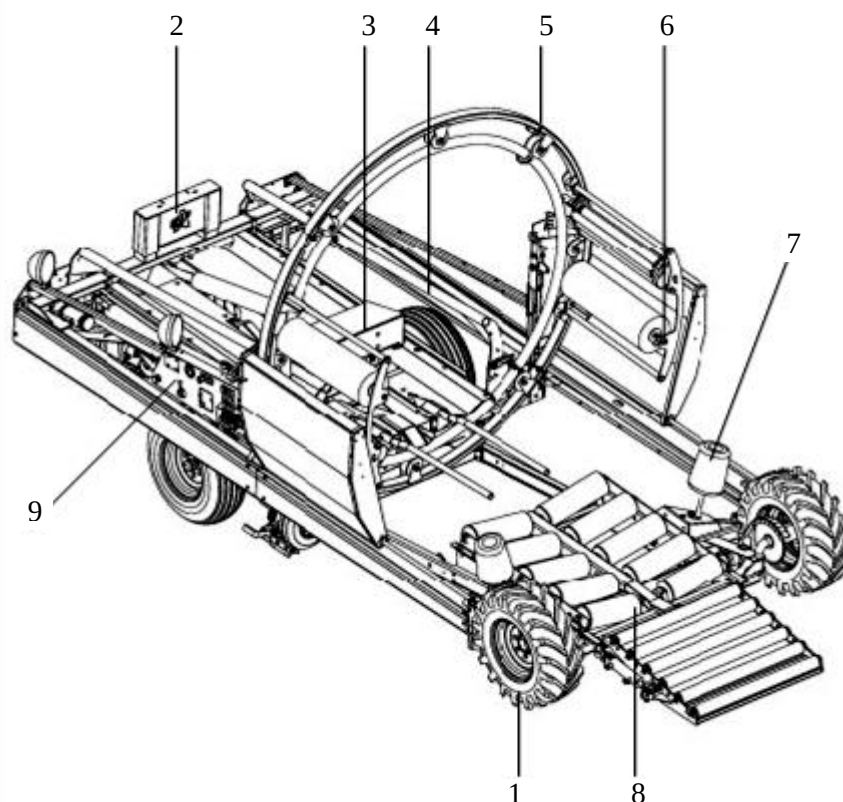
Rysunek 14. Schemat budowy owijarki bel z obrotowym ramieniem: 1 – dyszel, 2 – koło jezdne, 3 – rama główna, 4 – ramię załadunkowe, 5 – wałek obrotowy z pasami, 6 – podajnik folii, 7 – obrotowe ramię, 8 – słup wysięgnika wsporczego, 9 – miejsce na zapasowe szpule folii.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie instrukcji obsługi LTD.

Poza w/w różnicami w sposobie owijania, owijarki różnią się sposobem załadunku bel na stół roboczy i można tu wyszczególnić owijarki [Gach i in., 2008]:

- bez własnych urządzeń załadunkowych,
- wykorzystujące stół roboczy do załadunku,
- własnymi urządzeniami tylnymi załadunkowymi.

Odrębną grupę różniącą się pod względem konstrukcyjnym stanowią owijarki do owijania ciągłego (rys. 15). Stosowane są one do owijania bel cylindrycznych i prostopadłościennych tworząc długi rękaw foliowy wypełniony belami. Aby to było możliwe mechanizm owijający zsynchronizowany jest z ruchem postępowym całej maszyny [Gach i in., 2008]. Maszyny te mogą być wyposażone we własny układ napędowy (silnik spalinowy) bądź otrzymywać napęd z hydrauliki zewnętrznej współpracującego z nimi ciągnikiem.



Rysunek 15. Schemat budowy owijarki do owijania ciągłego: 1 – układ jezdny, 2 – popychacz bel, 3 – stół roboczy, 4 – ramię boczne, 5 – pierścień obrotowy, 6 – zespół podający folię, 7 – rolka boczna, 8 – rolki wyladowcze, 9 – panel sterowania.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <http://www.whitesinc.com/manuals/NWX660-MANUEL-OP-PIECE-AN.pdf>, 2015.

Maszyny do szeregowego owijania bel folią rozciągliwą przeznaczone są do zabezpieczania przed dostępem powietrza tylko bocznych powierzchni bel. Formowanie rękawa z bel rozpoczyna i kończy się zwykle belami słomy [Nowak, Przystupa, 2014]. Przy owijaniu bel cylindrycznych oszczędność folii wynosi ok. 50% w porównaniu z owijaniem pojedynczych bel, natomiast w przypadku bel prostopadłościennych nawet 70%, gdy owija się jednocześnie dwie bele ustawione jedna na drugiej [Dmitrewski, Gach, 1999].

Najnowsze rozwiązania konstrukcyjne to prasowanie i owijanie przy użyciu prasoowijarek. Możliwe to jest dzięki szeregowemu połączeniu ze sobą prasy zwijającej z owijarką. Taka konstrukcja maszyny umożliwia uzyskanie większej wydajności i krótkiego czasu pomiędzy uformowaniem beli a jej owinięciem. Znane są również rozwiązania, w których owijanie bel folią odbywa się w komorze zwijania prasy zwijającej.

2.3. Dodatki stosowane do zakiszania zielonek

Kiszenie jest jedną z podstawowych metod konserwowania pasz objętościowych, polegającą na zakwaszaniu zakiszane go materiału kwasem mlekowym wytwarzanym w wyniku bakteryjnej fermentacji cukrów. Czynniki wpływającymi na prawidłowy przebieg fermentacji są: jakość surowca, temperatura, warunki beztlenowe, czystość zakiszane go materiału i odpowiednia technika zakiszania [Chachułowa, Skomiał i in., 1997; Dulcet, 2001b, Holzer i in., 2003]. Przy odpowiednim stężeniu kwasu mlekowego i niskim pH, kiszonka nie psuje się i można ją długo przechowywać bez dostępu powietrza. Jednocześnie dąży się do unieczynnienia bakterii, grzybów i enzymów roślinnych, biorących udział w rozkładzie białek lub wytwarzaniu niepożądanych substancji [Rotz, 2003; Jeroch, Lipiec, 2012; Soukup, 2012]. Produkcja kiszonek i sianokiszonek w gospodarstwie sprowadza się do rozwiązania szeregu problemów, dla których ostatecznym efektem jest uzyskanie możliwie najwyższej jakości paszy przeznaczonej do skarmiania przez większość dni w roku. Kiszenie jest procesem złożonym, uzależnionym od wielu czynników, które umożliwiają uzyskanie kiszonki wysokiej jakości przy odpowiednim ich zestawieniu. Problemy towarzyszące produkcji konserwowanych pasz objętościowych można rozwiązywać w wieloraki sposób, w tym również przy współudziale różnych dodatków do zakiszania. Obecnie zaleca się stosowanie dodatków przy zakiszaniu pasz trudno jak i łatwo kiszących się. Zasadność ich stosowania wynika z faktu, że skład i liczebność epifitycznej flory bakteryjnej występującej w zakiszanych roślinach utrudnia wytworzenie kwasu mlekowego przez bakterie kwasu mlekowego obecne w zakiszany m materiale. Również wstępne podsuszenie zakiszane go surowca nie zawsze gwarantuje prawidłowy przebieg procesu zakiszania oraz uzyskanie dobrej i stabilnej tlenowo kiszonki [Wróbel, 2012; Davies i in., 2000]. Poprzez kontrolowanie procesu zakiszania można w znaczny sposób ograniczyć straty składników pokarmowych paszy oraz przeciwdziałać psucia się kiszonek w warunkach dostępu tlenu [Kaszkowiak, Borowski, Dulcet, 2011; Dulcet, 2001a; Cleale i in., 1990; Mikołajczak, Grabowicz, 1998; Bodarski i in., 2005].

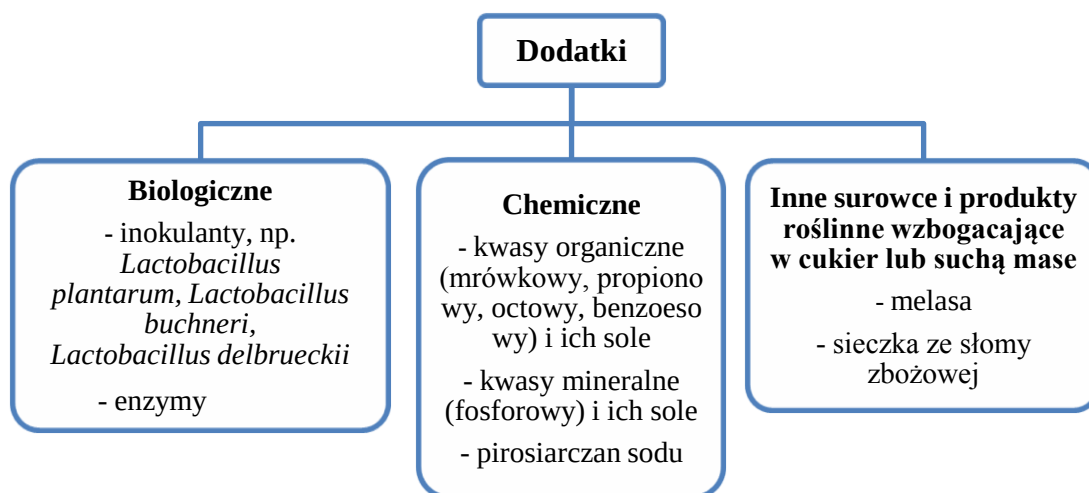
Dodatki stosowane podczas zakiszania zielonek muszą [Podkówka, 1979]:

- zapewnić uzyskanie dobrej jakości kiszonek bez względu na zawartość cukru w zakiszanej zielonce,
- ograniczać straty składników pokarmowych do minimum,

- nie wywierać wpływu na składniki zielonki (np. nie niszczyć witamin),
- nie zmieniać cech smakowych zakiszanych zielonek,
- nie szkodzić zwierzętom,
- nie szkodzić obsłudze sporządzającej kiszonki,
- zapewniać równomierne rozprowadzanie (wymieszanie) określonej ich ilości z surowcem przeznaczonym do kiszenia,
- być trwałe przy przechowywaniu, wygodne w transporcie i tanie.

Dodatki do zakiszania dzieli się na stymulatory fermentacji i inhibitory fermentacji [Purwin i in., 2006; Wróbel, 2012]. W tabeli 1 przedstawiono grupy dodatków wyodrębnione przez Niemieckie Towarzystwo Rolnicze DLG (Deutsche Landwirtschafts – Gesellschaft), uwzględniające kierunki działania na zakiszaną paszę [Dorszewski, 2009].

Purwin i Minakowski [2009] dokonują podziału preparatów wg poniższego schematu (rys. 16).



Rysunek 16. Rodzaje preparatów stosowanych w produkcji kiszonek.

Źródło: Purwin, Minakowski, 2009.

Tabela 1. Podział dodatków do zakiszania wg DLG:

Grupa	Kierunek działania
1	Dodatki polepszające przebieg procesu fermentacji w:
1a	– surowcu trudno zakiszającym się o niskiej zawartości cukru, zwiększonej pojemności buforowej, zwykle niskiej zawartości suchej masy, (motylkowate i trawy),
1b	– surowcu średnio i łatwo zakiszającym się o niższej zawartości suchej masy, s.m < 35%, wystarczającej zawartości cukru, ograniczonej pojemności buforowej (trawy, motylkowate, kukurydza, całe rośliny zbożowe, prasowane wysłodki),
1c	– surowcu średnio i łatwo zakiszającym się o wyższej zawartości suchej masy, s.m > 35%, wystarczającej zawartości cukru, ograniczonej pojemności buforowej (trawy, motylkowate, kukurydza, całe rośliny zbożowe, prasowane wysłodki),
1d	– surowcach specjalnych (buraki pastewne, pulpy, prasowane wysłodki).
2	Dodatki polepszające trwałość tlenową kiszonek podatnych na zmiany jakościowe podczas ich wybierania ze stosu kiszonkowego, spowodowane dostępem tlenu z powietrza atmosferycznego (trawy, motylkowate, kukurydza, całe rośliny zbożowe, prasowane wysłodki).
3	Dodatki redukujące wytwarzanie soków kiszonkowych w surowcu zawierającym < 30% s.m (trawy, motylkowate, kukurydza).
4 4 a 4 b 4 c	Dodatki poprawiające wartość pokarmową pasz i wydajność zwierząt: – stymulacja pobierania paszy, – poprawa strawności, – C_{opas} – poprawa wydajności opasowej, C_{mleko} – poprawa wydajności mlecznej.
5	Dodatki o działaniu specyficznym zmniejszające liczebność bakterii Clostridium w kiszonce.

Źródło: Dorszewski, 2009.

Zróznicowany podział preparatów wśród badaczy nie jest jednoznaczny z ich różnorodnością, wynika głównie z zaliczeniu poszczególnych dodatków do różnych grup.

Preparaty biologiczne (inokulanty i enzymy) uważane są za naturalne produkty, które są bezpieczne w obsłudze, nie powodujące korozji maszyn oraz nie wywierające negatywnego wpływu na środowisko [Filya, 2003; Mills, Kung, 2002]. W związku z tym stosowane są w praktyce dość często [Davies, 2010; Dorszewski, 2009; Zielińska i in., 2006]. Inokulanty dodaje się do kiszonek w celu zwiększenia liczby pożądanych bakterii w początkowej fazie zakiszania [Mühlbach, 2000]. Dzięki temu

dominującym procesem jest fermentacja mlekowa [Dorszewski, Grabowicz, 2010]. Efektywność preparatów biologicznych jest zróżnicowana i uzależniona od ich składu. Wróbel [2012] i Bolsen [1999] w oparciu o badania zalecają stosowanie inokulantów bakteryjnych do każdego rodzaju kiszonej paszy, jeśli tylko nastąpi konsekwentna poprawa przebiegu fermentacji i obniżenie strat suchej masy. Jak podaje Dulcet [2002], McCartney, Reynolds [2005], Dulcet i in. [2006] inokulanty mogą być przeznaczone do konserwacji wilgotnego siana. Inokulanty zawierają liofilizowane bakterie kwasu mlekowego, takich szczepów jak: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchnerii*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus lactis*, różne gatunki *Pediococcus* i inne. Uwzględniając specyfikę poszczególnych szczepów bakteryjnych kwasu mlekowego z dodatkiem enzymów produkowane są wyspecjalizowane inokulanty do zakiszania określonych gatunków roślin [Mikołajczak, Grabowicz, 1998; Podkówa, 1998; Suterska i in., 2009; Soukup, 2012; Muck, 2013].

Liczną grupę dodatków stanowią preparaty chemiczne o działaniu selektywnym na niepożądane drobnoustroje i działające zakwaszająco. Zalicza się tu głównie kwasy organiczne lub ich sole oraz kwasy mineralne:

- kwas mrówkowy,
- kwas mlekowy,
- kwas propionowy,
- kwas benzoesowy,
- benzoesan sodu,
- mrówczan sodu,
- azotyn sodu i inne.

Stosowanie kwasów ma na celu przede wszystkim szybkie zakwaszenie i obniżenie pH do ok. 4,0, eliminując tym samym rozwój bakterii typu *Coli*, tworzenie kwasu masłowego i bakterii gnilnych. Skuteczność działania preparatu chemicznego użytego do konserwacji paszy zależy od zdolności do zakwaszenia danej rośliny oraz selektywnego i hamującego działania na niepożądaną florę bakteryjną. Ze względu na wady (korozję urządzeń i maszyn, negatywny wpływ na odrastające rośliny i środowisko) kwasy mineralne są zastępowane przez inne dodatki chemiczne i biologiczne [Pangi in., 2012; Brzóska i in., 1996; Jamróz i in., 2001; Rokosz i in., 2014].

Dodatki pochodzenia roślinnego stosuje się głównie w celu zwiększenia ilości dostępnego cukru – w roślinach trudno kiszących się (o dużej zawartości białka) lub w celu obniżenia zawartości wody w zielonkach. Stosuje się tu łatwo fermentujące dodatki paszowe takie jak: melasę, pulpę z buraków cukrowych, mąkę zbożową, zgniecione ziarna zbóż, otręby itp.

W ostatnich latach badania wykazały, że dobre efekty uzyskuje się przy stosowaniu preparatów kombinowanych, również z dodatkiem enzymów [Doleżał i in., 2005].

Mechanizm działania poszczególnych dodatków jest różny, jednak ich wspólnym celem jest uzyskanie kiszonki dobrej jakości oraz obniżenie strat w procesie zakiszania i pobierania paszy. Należy pamiętać, że każdy dodatek będzie działał skutecznie, jeżeli cały proces kiszenia zostanie prawidłowo przeprowadzony. Preparat nie jest w stanie zniwelować nieprawidłowego przygotowania zielonki do zakiszania. Stosowanie dodatków jest celowe tylko wówczas, gdy spełnione są podstawowe warunki fermentacji. Dodatki zakiszające nie zastępują procesu fermentacji, lecz go wspomagają [Henderson, 1993; Jamróz i in., 2001].

2.4. Ocena metod dodawania preparatów do zakiszanych zielonek

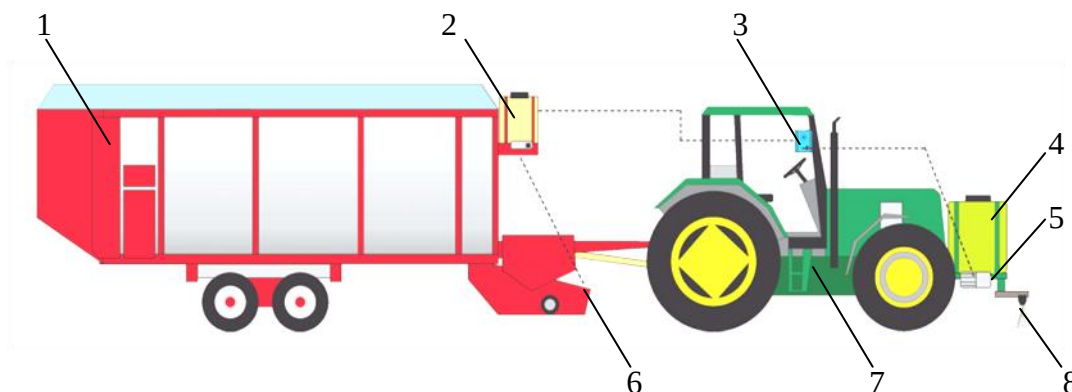
Głównym celem zakiszania jest zachowanie jak największej wartości odżywczych danej rośliny, jak to tylko możliwe. Uzyskanie wysokiej jakości konserwowanych pasz wiąże się z koniecznością stosowania dodatków do zakiszania. Skuteczność ich działania w procesie kiszenia zielonek zależy od równomiernego wymieszania ściśle określonej ich ilości z materiałem roślinnym. Poprzez współdział dodatków do zakiszania problemy towarzyszące produkcji konserwowanych pasz objętościowych można rozwiązywać pod warunkiem, że zostaną one właściwie dobrane i zaaplikowane [Borowski, Dulcet, 2011; Dulcet, 2001b; Dulcet, 2010; Mikołajczak, 1999; Purwin, 2007].

Równomierne wymieszanie odpowiedniej ilości dodatku z zielonką w procesie jej zbioru na kiszonkę jest zabiegiem trudnym ze względu na:

- nierównomierność pokosów lub wałków materiału roślinnego przeznaczonego do zbioru,
- różnorodność materiału roślinnego i jego zmienność,
- przypadkowe przenikanie dodatków w czasie przechowywania kiszonek.

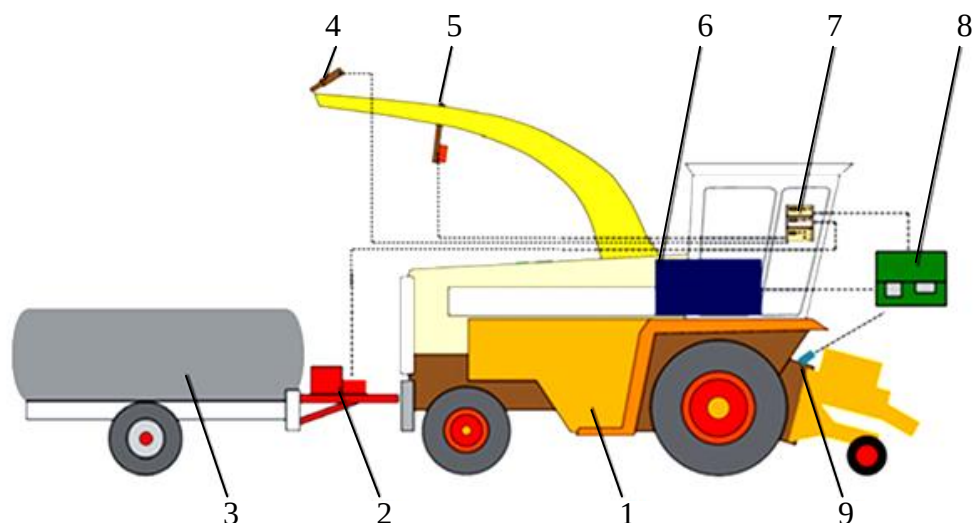
Najczęściej stosowaną metodą dodawania dodatków konserwujących jest ich aplikacja w trakcie zbioru maszyną zbierającą (prasą zwijającą, sieczkarnią polową lub przyczepą zbierającą). W przypadku produkcji kiszonek w postaci bel cylindrycznych owiniętych folią jest to jedyny sposób na wprowadzenie dodatku do bel.

Dodawanie preparatów do zielonek w czasie zbioru odbywa się za pomocą urządzeń dozujących (aplikatorów) montowanych na maszynach zbierających lub na współpracujących z nimi ciągnikach (rys. 17). Spotyka się również rozwiązania, gdzie urządzenia dozujące przyczepiane są do maszyn zbierających o dużej wydajności (rys. 18). Preparat podawany jest w różnych miejscach maszyny lub bezpośrednio przed nią na pokos lub wał zielonki. Metoda ta pod wpływem ruchomych elementów maszyn zbierających, umożliwia równomierne wymieszanie preparatu z zielonką, jest łatwa do zmechanizowania, a proces zakiszania zielonki rozpoczyna się już w maszynie [Kaskowiak, 2014; Dulcet, 1998; Dulcet, 2010; Roszkowski, 1979]. Prowadzone były również próby dodawania preparatów do zielonek przed ich zbiorem na tzw. pniu, jednak ze względu na liczne wady takie jak straty preparatu czy zanieczyszczenie środowiska nie znalazła się w powszechnym użyciu [Dulcet, 2001b; Grochowicz, Siwiło, 1978; Roszkowski, 1979].



Rysunek 17. Aplikacja melasy na wał zielonki i bakterii kwasu mlekowego w czasie zbioru zielonki przyczepą zbierającą: 1 – przyczepa zbierająca, 2 – zbiornik z bakteriami kwasu mlekowego, 3 – komputer, 4 – zbiornik melasy, 5 – pompa melasy, 6 – miejsce aplikacji bakterii kwasu mlekowego, 7 – ciągnik, 8 – miejsce aplikacji melasy.

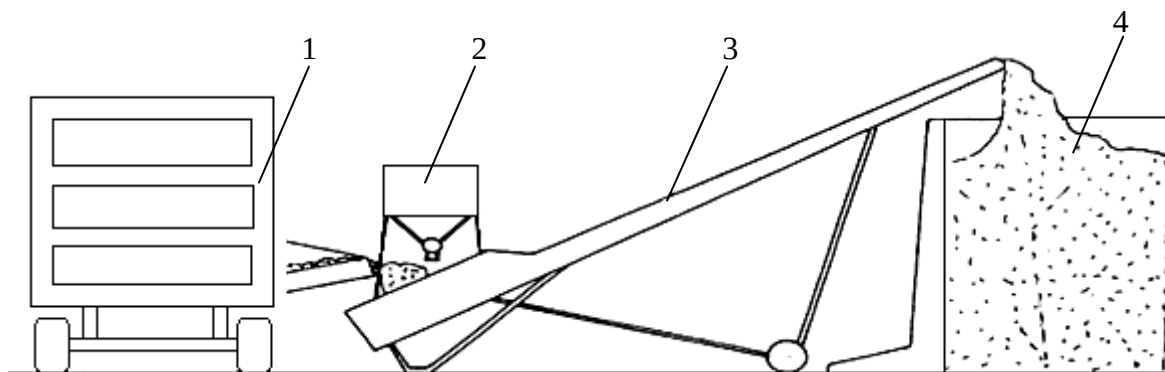
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <http://dr-pieper.com/publikationen/broschueren-infoblatter/>.



Rysunek 18. Aplikacja melasy i bakterii kwasu mlekowego w czasie zbioru sieczkarnią polową:
1 – sieczkarnia polowa, 2 – pompa melasy, 3 – zbiornik melasy, 4 – rozpylacz melasy, 5 – czujnik ultradźwiękowy, 6 – zbiornik z bakteriami kwasu mlekowego, 7 – komputer, 8 – aplikator bakterii kwasu mlekowego, 9 – rozpylacz bakterii kwasu mlekowego.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <http://dr-pieper.com/publikationen/broschueren-infoblatter/>.

Dodawanie preparatów do zielonek może być realizowane również w czasie załadunku roślin do zbiornika lub formowania pryzmy. Takie rozwiązanie przedstawia rysunek 19.

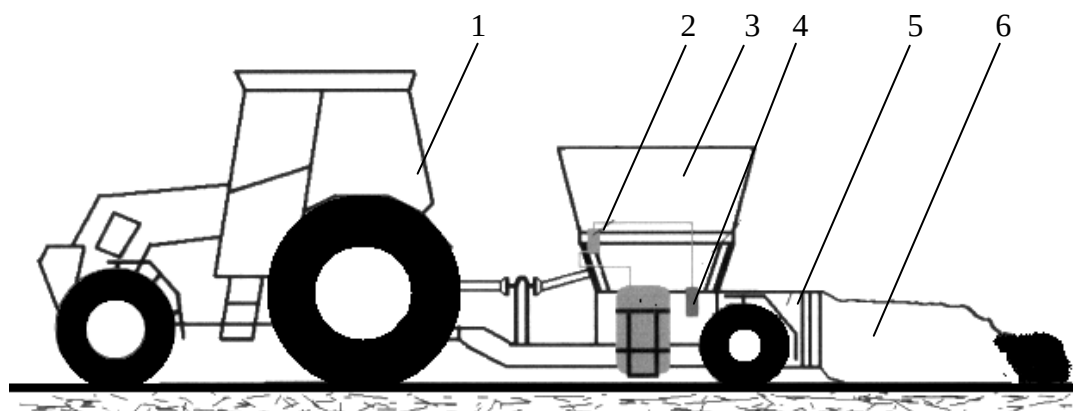


Rysunek 19. Aplikacja preparatu w czasie załadunku zielonki do zbiornika pionowego:
1 – przyczepa, 2 – dozownik/aplikator preparatu, 3 – przenośnik, 4 – silos pionowy.

Źródło: Dulcet, 2001.

Obecnie sposób ten jest mniej powszechny. Jak podaje Dulcet [1996] nie zapewnia on równomiernego wymieszania preparatu z zielonką, a ponadto jest trudniejszy do

zmechanizowania. Natomiast Kuzmickij [1985] stwierdza, że w trakcie załadunku, wykonując ten zabieg starannie można uzyskać równomierne wymieszanie preparatów z materiałem roślinnym. Poza typowymi aplikatorami wykorzystywanymi podczas zbioru zielonki, w zależności od rodzaju zbiornika stosuje się: wozy asenizacyjne, aparaturę ochrony roślin, lub w przypadku dostępu do sieci elektrycznej pompy ciśnieniowe zasilane prądem o napięciu 230 V. Formowany wówczas silos polewany jest w trakcie układania kolejnych warstw zielonki. Przy składowaniu zielonki w zbiornikach poziomych o niewielkiej pojemności stosuje się opryskiwacze i opylacze sadownicze o napędzie ręcznym lub silnikowym. Jeśli gospodarstwo wykorzystuje preparaty w postaci stałej – granulowanej, wówczas aplikuje je rozsiewaczem do nawozów lub ręcznie. Podczas produkcji kiszonki w zbiornikach pionowych wykorzystuje się te same aplikatory, które umieszczone są na maszynach zbierających. Montuje się je na urządzeniach ładujących zielonkę do zbiorników [Dulcet, 2001b; Dulcet, 2010]. Na rysunku 20 przedstawiono schemat aplikacji preparatu do zielonki w technologii zakiszania w rękawach foliowych.



Rysunek 20. Aplikacja preparatu do zielonki podczas jej załadunku do rękawa foliowego: 1 – ciągnik, 2 – instalacja aplikatora, 3 – kosz zasypowy, 4 – element aplikatora wprowadzający preparat do zielonki, 5 – adapter tunelowy, 6 – rękaw foliowy.

Źródło: AG-BAG News. Magazyn informacyjny technologii AG-BAG, 2008.

Na podstawie analizy metod dodawania preparatów do zakiszane go materiału można stwierdzić, że w praktyce rolniczej preparaty najczęściej stosowane są w trakcie zbioru lub załadunku zbiorników. Obydwie metody mają swoje zalety i wady, jednak na podstawie wyników badań stwierdzono, że większą równomierność wymieszania

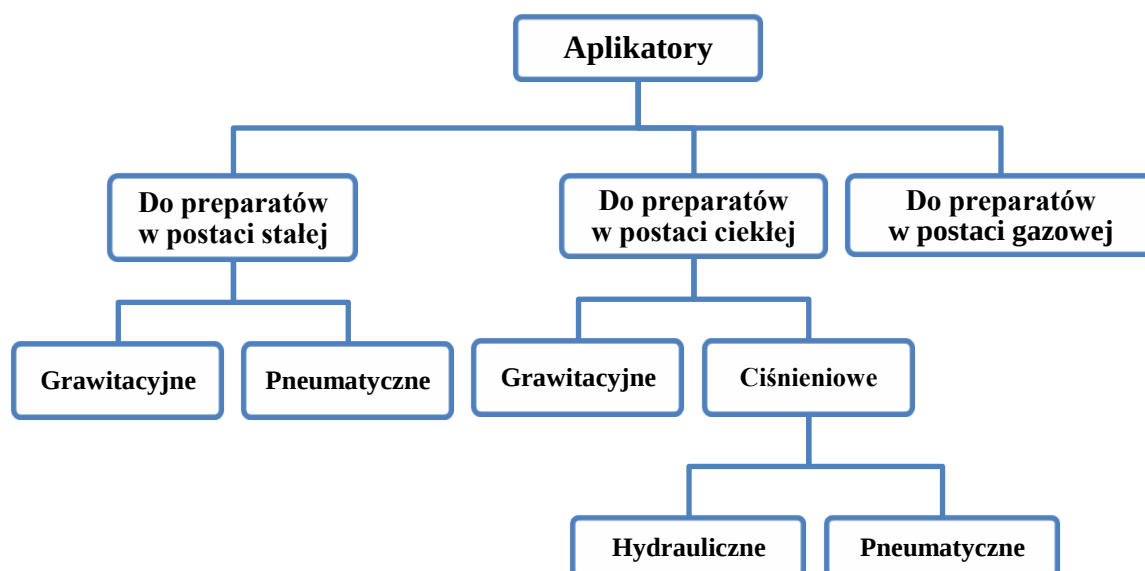
preparatu ze zbieranym materiałem uzyskuje się dodając go w trakcie zbioru. Metoda ta, jest łatwa do zmechanizowania, pozwala również na rozpoczęcie procesu konserwacji już w trakcie zbioru [Dulcet, 1998; Dulcet, 2001b; Roszkowski, 1979].

2.5. Aplikatory preparatów – dozowniki

Podczas dodawania preparatów ważną rolę odgrywa rodzaj użytego aplikatora i sposób aplikacji. Czynniki te w znacznym stopniu decydują o wpływie dodatków na jakość uzyskanej paszy. W wyniku stale rosnących kosztów produkcji, konkurencyjności i jakości pasz konserwowanych opracowano wiele rozwiązań konstrukcyjnych aplikatorów. Urządzenia te, ze względu na stan skupienia używanego preparatu można podzielić na trzy podstawowe grupy [Dulcet, 2010; Dulcet i in., 2010]:

- urządzenia do preparatów ciekłych (roztworów, zawiesin),
- urządzenia do preparatów stałych (pylistych, granulowanych),
- urządzenia do preparatów gazowych.

Szczegółowy podział tych urządzeń przedstawia rysunek 21.

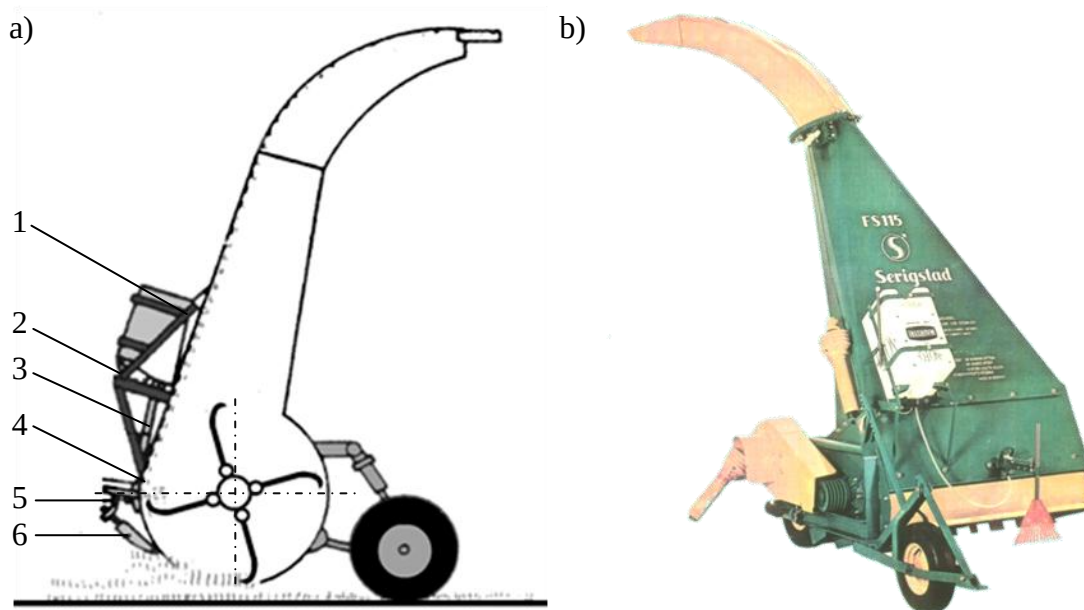


Rysunek 21. Rodzaje aplikatorów.

Źródło: Opracowanie własne.

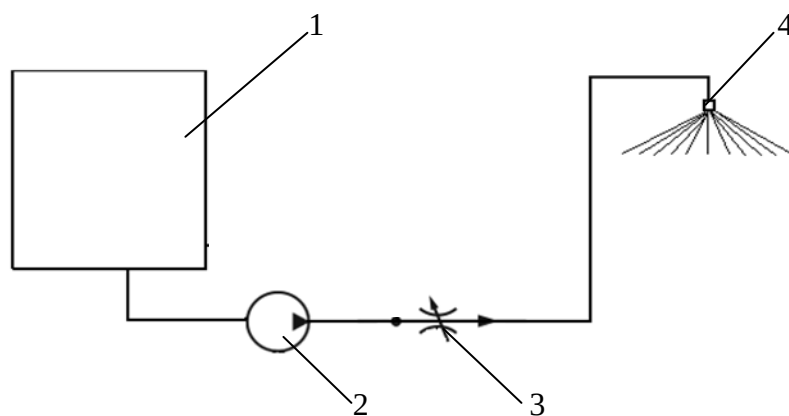
Ze względu na sposób aplikacji preparatów ciekłych można wyróżnić aplikatory grawitacyjne i ciśnieniowe. Aplikator grawitacyjny stanowi bardzo prostą konstrukcję, w której zbiornik umieszczony jest ponad dyszami wylotowymi, a wypływ cieczy

możliwy jest dzięki różnicy poziomów (rys. 22). W aplikatorach tych ilość dawkowanego preparatu uzależniona jest ściśle od poziomu cieczy w zbiorniku. Takie rozwiązanie posiada jednak istotną wadę, wynikającą ze zmiany ciśnienia cieczy w trakcie pracy, prowadząc do ciągłego spadku natężenia wypływu preparatu z dysz. Ponadto dozując roztwór podatny na sedymentację istnieje zwiększone ryzyko dawkowania roztworu o zmiennym stężeniu. W konsekwencji zostały one zdominowane przez urządzenia ciśnieniowe. Działanie aplikatorów ciśnieniowych – hydraulicznych i pneumatycznych jest podobne. W urządzeniach tych konserwant pod niewielkim ciśnieniem (0,1 MPa – 0,3 MPa) wprowadzany jest równomiernie do zielonki w postaci strumienia cieczy. W aplikatorach ciśnieniowych zastosowanie pompy zasilanej z instalacji elektrycznej ciągnika lub sprężonego powietrza, umożliwia podanie preparatu w dowolne miejsce dozowania, bez względu na lokalizację zbiornika z preparatem. Istotną zaletą tej grupy aplikatorów jest praca ze stałym ciśnieniem ustalonym przez zawór regulacyjny pomimo obniżania się poziomu cieczy w zbiorniku. Schemat budowy takiego aplikatora przedstawia rysunek 23.



Rysunek 22. Aplikator grawitacyjny zamontowany na ścinaczu zielonek: a – schemat budowy, b – widok ogólny; 1 – rama aplikatora, 2 – regulator ciśnienia, 3 – przewód doprowadzający preparat do dyszy, 4 – zawór, 5 – dysza, 6 – czujnik.

Źródło: Dulcet, 2010.



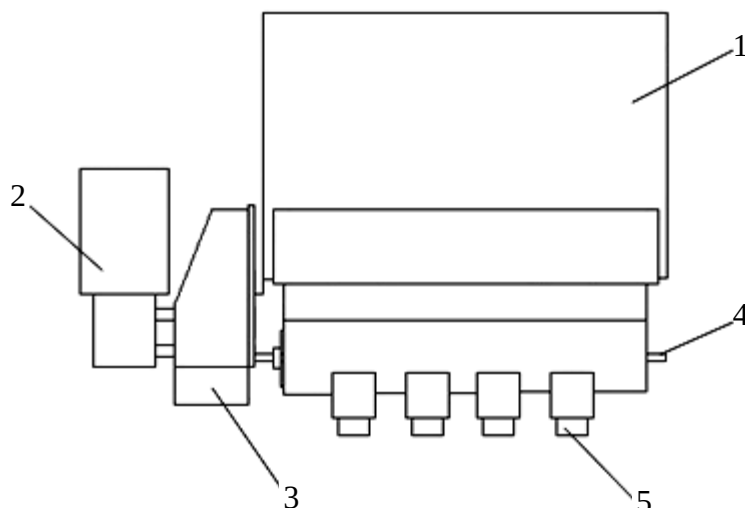
Rysunek 23. Schemat budowy aplikatora ciśnieniowego hydraulicznego: 1 – zbiornik, 2 – pompa, 3 – zawór regulacyjny, 4 – rozpylacz.

Źródło: Opracowanie własne.

W celu aplikacji preparatów w niewielkich dawkach, aby zachować ściśle określoną ich ilość, stosuje się aplikatory wyposażone w czujniki ultradźwiękowe, które sterują ilością preparatu podawanego przez pompę aplikatora. Przykładowe rozwiązanie takiego rozwiązania przedstawiono na rysunku 18.

Aplikatory do preparatów stałych budowane są jako urządzenia grawitacyjne i pneumatyczne. Pierwsze z nich stanowią dozowniki, w których preparat (granulowany lub pylisty) trafia do miejsc aplikacji w maszynie w wyniku różnicy poziomów zbiornika i końcówek wylotowych jego przewodów. Natomiast w dozownikach pneumatycznych transport preparatu do zielonki odbywa się przy udziale sprężonego powietrza. Na rysunku 24 przedstawiono schemat urządzenia do dozowania preparatów w postaci stałej.

Ostatnią grupę urządzeń stanowią aplikatory do preparatów gazowych. Jednak ze względu na trudności wynikające z ich dystrybucji i aplikacji są rzadko stosowane w praktyce [Dulcet, 2001b].



Rysunek 24. Schemat budowy aplikatora do preparatów stałych: 1 – zbiornik, 2 – silnik elektryczny, 3 – osłona przekładni, 4 – wałek wygarniający, 5 – końcówki przewodów wylotowych preparatu.

Źródło: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy konstrukcyjnej urządzeń aplikujących można stwierdzić, iż są to urządzenia proste w budowie. W zależności od konstrukcji maszyny, urządzenia dozującego preparat do zielonki montowane są w różnych miejscach. Najczęściej na maszynach zbierających zielonkę (sieczkarnie polowe i samojezdne, przyczepy zbierające, pasy zwijające) lub ciągnikach. W praktyce, ze względu na uniwersalność, pewność pracy częściej stosowane są aplikatory do preparatów ciekłych. Spowodowane jest to tym, że część produkowanych preparatów w postaci stałej można stosować do sporządzania roztworów i zawiesin. W aplikatorach ciśnieniowych preparat podawany jest równomiernie do miejsca docelowego, z możliwością płynnej regulacji dawki mieszaniny. Działanie aplikatorów do preparatów stałych obarczone jest wysoką niepewnością pracy. Ich działanie w dużej mierze uzależnione jest od właściwości fizykochemicznych preparatu. Zaleca się, aby preparaty te miały formę równomiernego granulatu o dużej wytrzymałości mechanicznej, małej higroskopijności oraz brak skłonności do zbrylania się.

Reasumując rodzaj zastosowanego aplikatora oraz stanu skupienia preparatu powinien wynikać przede wszystkim z zastosowanej technologii produkcji oraz od ilości konserwowanych pasz w gospodarstwie.

2.6. Analiza dotychczasowych badań dotyczących techniki aplikacji dodatków do zielonek

Głównym warunkiem prawidłowego działania preparatów konserwujących jest dozowanie jego ściśle określonej ilości do materiału roślinnego w sposób, który umożliwi równomierne jego rozprowadzenie w zakiszanej paszy. W wyniku niewłaściwego wymieszania preparatu z zielonką uzyskać można kiszonki złej jakości, które mogą negatywnie wpływać na zdrowie zwierząt [Podkówka, 1979; Dulcet, 2001b]. Zdaniem wielu badaczy wzrost zagęszczenia zielonki w belach i jej pocięcie poprawnie wpływa na przebieg fermentacji [Sun i in., 2010; Keller i in. 1997; Muck i in., 2004; Fuerll i in., 2008]. Waszkiewicz [2004] podaje, że krótsze, jednorodne cząstki materiału roślinnego zapewniają jednolity przebieg procesu fermentacji mlekowej w całej objętości beli.

Na podstawie analizy literatury można stwierdzić, że głównym celem prowadzonych badań było określenie charakterystyki technicznej, funkcjonalnej i eksploatacyjnej urządzeń dozujących. Dotyczyło to przede wszystkim badań nad:

- równomiernością wymieszania preparatów z zielonką,
- stratami preparatów podczas zbioru zielonki,
- oceną jakości kiszzonek z dodatkiem preparatów,
- wydajnością dozowania,

Wspomniane badania prowadzono m.in. w: USA, Niemczech, Anglii, Norwegii, Szwecji, Rosji, Czechach [Biłowicki, 1986; Dulcet, 2001c; Dulcet, 2001b; Nowak, 1997]. W Polsce badania dotyczące aplikacji preparatów konserwujących prowadzono w instytutcie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER) Kłudzienko i Akademii Techniczno – Rolniczej w Bydgoszczy (obecnie Uniwersytet Technologiczno – Przyrodniczy). Badania prowadzone przez IBMER dotyczyły kilku konstrukcji urządzeń dozujących krajowych i zagranicznych, których celem było określenie ich przydatności do potrzeb krajowego rolnictwa. W ATR w Bydgoszczy prowadzono badania nad jakością procesu mieszania ciekłego konserwantu w czasie jej zbioru sieczkarnią oraz prasą zbierającą [Dulcet, 2001b; Kaszkowiak i in., 2005].

Colzani i Santorio [1981] podają, że równomierność dozowania preparatów zależy od rodzaju aplikatora, parametrów technicznych maszyny zbierającej oraz właściwości

fizykomechanicznych i chemicznych preparatów. Najlepsze efekty badacze uzyskali stosując aplikatory do preparatów ciekłych. Urządzenia do preparatów stałych – pylistych, ulegały częstym awariom powodowanymi zmiennymi właściwościami fizykomechanicznym preparatów. W praktyce nie znalazły zastosowania. Podobne badania przeprowadzili również Kaszkowiak i inni [2007], w których wykazali, że równomierność dozowania aplikatora do preparatów ciekłych jest wielokrotnie wyższa niż do preparatów stałych. W przypadku zastosowania preparatów granulowanych działanie istniejących dozowników dało wyniki nie w pełni zadowalające.

W czasie zbioru zielonek prasą zwijającą preparaty dodawane są do nich w różnych miejscach: przed podbieraczem (na wał zielonki), za podbieraczem prasy i o ile konstrukcja prasy na to pozwala – w przedniej części komory zwijania [Dulcet, Kaszkowiak, 2000; Dulcet, 2010].

Dodawanie preparatów w czasie zbioru zawsze prowadzi do powstania jego strat. Wpływa to na zmniejszenie założonej ilości preparatu, która powinna znaleźć się w zielonce. Prowadzi to do zwiększenia kosztów ponoszonych na konserwację zielonek, a „tracony” preparat (w szczególności chemiczny) może toksycznie wpłynąć na środowisko oraz spowodować spadek plonu odrastających roślin [Borowski i in., 2013; Dulcet, Woropay, 2000; Kaszkowiak, 2000].

Zdaniem Dulceta [1996; 2001c] miejsce aplikacji preparatu do zielonek w maszynie zbierającej wpływa na wielkość występujących strat preparatu. Kaszkowiak, Dulcet [2000] w swoich badaniach dotyczących strat chlorku sodu dodawanego w czasie zbioru zielonek za pomocą prasy zwijającej, najmniejsze straty preparatu uzyskali aplikując go w przedniej części komory prasowania. Straty preparatu wahały się od 2,0% (przy dyszach zainstalowanych w przedniej części komory zwijania) do 35,6% (przy dyszach zainstalowanych przed podbieraczem prasy) [Dulcet, Woropay, 2000; Dulcet i in., 2000]. Na podstawie przeprowadzonych badań podają, że należy zwiększyć ilość preparatu konserwującego podczas zbioru zielonek sieczkarniami zbierającymi o wielkość jego strat.

W prowadzonych badaniach związanych z aplikacją preparatów zwrócono uwagę na równomierność wymieszania preparatu z zielonką. Ocenę równomierności wymieszania preparatów z zielonką oznaczano poprzez:

- pomiary pH metodą potencjometryczną lub ilościowe oznaczenie preparatu w badanych próbach [Dulcet, 2001b; Dulcet, Woropay, 2000; Wrzos, 1980],

- analizę jakości uzyskanej paszy [Dulcet, 2001b; Maskowa, i in., 1980],
- analizę fluorescencyjną oraz izotopy promieniotwórcze [Koch, Spiels, 1985; Wartenberg, 1991],
- oznaczenie zawartości biologicznie czynnego znacznika n – heksanu [Borowski, 2009, 2010; Borowski i in., 2011],
- ilościową ocenę bakterii [Borowski, 2009, 2010; Borowski, i in., 2011].

Liczną grupę badań stanowiły doświadczenia zmierzające do określenia wpływu różnych preparatów na jakość uzyskanej kiszonki [Leibensperger, Pitt, 1988; Petit, Veira, 1994; Baytok i in., 2005; Tjandraatmadja i in., 1994]. Zastosowanie preparatów do zakiszania z zachowaniem dobrych praktyk kiszenia wpływało korzystnie na jakość uzyskanej kiszonki [Chen i in., 2014, 2015].

3. Cel i zakres pracy

3.1. Uzasadnienie celowości prowadzenia badań w zakresie wpływu procesu aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą na jakość uzyskanej kiszonki

Obszar rozwiązywanej dotychczas problematyki badawczej wykazuje znaczne luki poznawcze w zakresie procesu aplikacji melasy podczas zbioru zielonki i jej wpływu na jakość kiszonki. W literaturze niewiele jest doniesień odnośnie wykorzystania melasy jako konserwantu, podczas zbioru pasz objętościowych, a stan obecnej wiedzy jest niezadowalający. Szczególnie odczuwalny jest brak wiedzy na temat możliwości aplikacji nierozcieńczonej melasy, wpływu miejsca aplikacji i długości materiału roślinnego na jakość sianokiszonki. Problemem jest przede wszystkim brak danych naukowo – technicznych dotyczących techniki aplikacji melasy do zielonek zbieranych prasą zwijającą w aspekcie jakości uzyskanej paszy. Aplikatory do preparatów ciekłych przeznaczone są do precyzyjnego dawkowania roztworów o właściwościach fizycznych zbliżonych do właściwości wody. Nie są przystosowane do dozowania tak cennego surowca jakim jest np. melasa. Brak jest informacji naukowo – technicznych związanych z rozpylaniem melasy przy ciśnieniu poniżej 0,5 MPa, stosowanym w aplikatorach. Aby uzyskać dobre właściwości rozpylania cieczy lepkiej konieczna jest duża energia, czyli wysokie ciśnienie [Tamaki, Shimizu, 2002], co w warunkach polowych jest utrudnione, a wręcz niemożliwe do uzyskania.

Brak powyższej wiedzy uniemożliwia opracowanie techniki aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą, która zapewniłaby uzyskanie sianokiszonki dobrej jakości również w gospodarstwach ekologicznych. Korzystne byłoby opracowanie procesu aplikacji melasy z minimalnym wykorzystaniem wody lub całkowitą jej eliminacją jako „rozcieńczalnika”. Ponadto należy zbadać wpływ melasy na jakość uzyskanej kiszonki pod wpływem zmian parametrów zbioru (stopnia rozdrobnienia materiału roślinnego, miejsca aplikacji melasy podczas zbioru zielonki).

Warto również podkreślić, że dodatek melasy może wpłynąć nie tylko na ograniczenie strat wartości pokarmowej paszy, ale jednocześnie na zwiększenie potencjału produkcyjnego i konkurencyjności gospodarstw.

Wobec powyższych faktów sformułowano następującą hipotezę pracy:

Zmiana miejsca aplikacji melasy oraz rozdrobnienie zielonki w czasie jej zbioru prasą zwijającą umożliwią uzyskać równomierne wymieszanie melasy z zielonką oraz poprawę jakości sianokiszonki.

Uzyskane informacje pozwolą na opracowanie techniki aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą, która zapewni uzyskanie sianokiszonki wysokiej jakości.

3.2. Sformułowanie problemu badawczego

Na podstawie analizy stanu wiedzy realizowanej rozprawy doktorskiej przedstawionego w poprzednim rozdziale sformułowano następujące problemy badawcze:

1. W jakim stopniu należy rozcieńczyć melasę wodą, aby możliwa była jej aplikacja z użyciem standardowych aplikatorów?
2. Czy miejsce aplikacji melasy i rozdrobnienie zielonki podczas zbioru prasą zwijającą wpływają na jej rozmieszczenie w beli cylindrycznej?
3. Czy i jaki wpływ na jakość sianokiszonki wywiera miejsce aplikacji melasy oraz rozdrobnienie materiału roślinnego podczas zbioru zielonki prasą zwijającą?

3.3. Cel pracy

Celem pracy jest analiza wpływu procesu aplikacji melasy do zielonki w czasie jej zbioru prasą zwijającą na jakość uzyskanej sianokiszonki. Analiza uwzględnia czynniki technologiczne (miejsce aplikacji melasy do zielonki w czasie zbioru prasą zwijającą – rozmieszczenie melasy w beli) oraz czynnik eksploatacyjny prasy zwijającej (długość roślin).

3.4. Zakres pracy

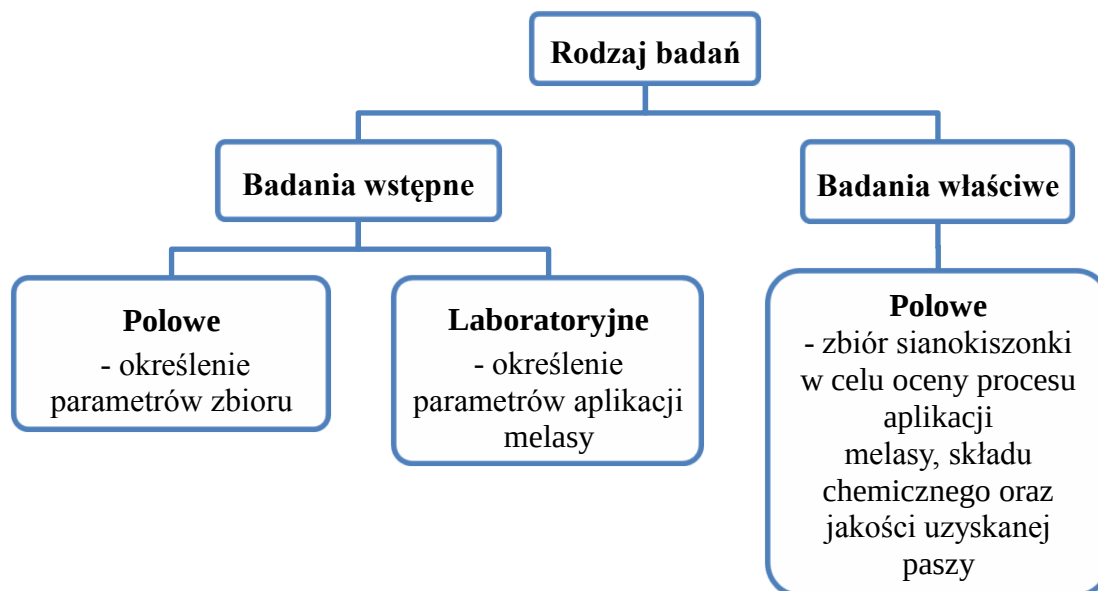
Realizacja założonego celu pracy wymagała przeprowadzenia następujących działań:

- oceny stanu wiedzy zagadnienia na podstawie analizy literatury,
- opracowanie metodyki badań,
- zbudowanie stanowiska badawczego,
- eksperymentalnego oznaczenie właściwości fizycznych melasy wpływających na jej aplikację,
- dobór parametrów aplikacji (stopień rozcieńczenia wodą, rodzaj dyszy, wielkość ciśnienia, odległość dyszy od surowca, natężenie wypływu melasy z dyszy) i parametrów pracy prasy zwijającej,
- ustalenie rozkładu melasy w beli cylindrycznej w zależności od miejsca jej aplikacji do zielonki w czasie zbioru prasą zwijającą,
- oceny wpływu wybranych czynników na jakość uzyskanej paszy,
- opracowanie wniosków z przeprowadzonych badań i ustalenie zaleceń dla praktyki.

4. Metodyka badań

4.1. Program badań

Badania podzielono na dwa etapy, które przedstawia rysunek 25.



Rysunek 25. Schemat programu badań.

Źródło: Opracowanie własne.

W badaniach wstępnych polowych określono:

- wydajność zbioru zielonki,
- zagęszczenie bel,
- długość roślin,
- zawartość suchej masy w zielonce.

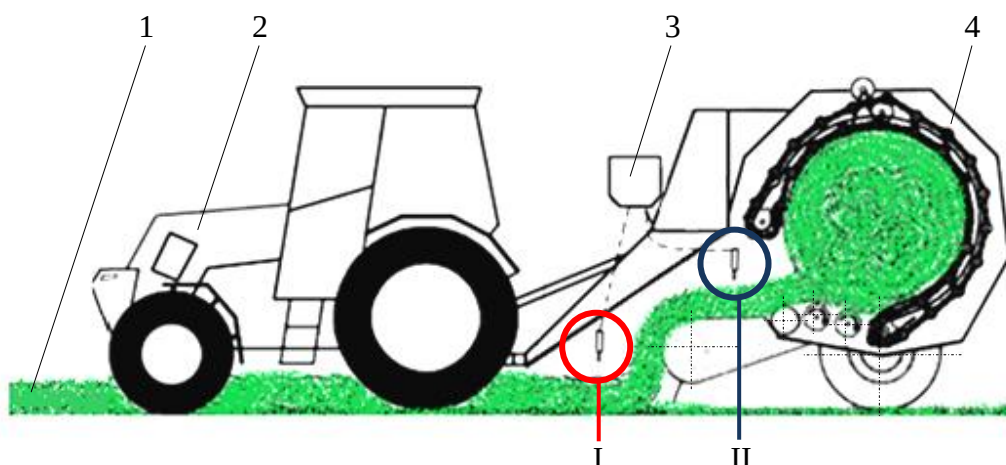
Dla parametrów zbioru podsuszanej zielonki określono parametry aplikacji melasy do zielonki na stanowisku laboratoryjnym. Za główne parametry aplikacji przyjęto:

- szerokość pracy dyszy,
- odległość dyszy od materiału roślinnego,
- masowe natężenie wypływu melasy z dyszy,
- stosunek rozcieńczenia wodą (lepkość dynamiczna melasy/roztworu).

Dla prasy zwijającej wykorzystywanej do badań przeprowadzono analizę konstrukcji pod względem możliwości zamocowania dyszy aplikatora. Po

przeprowadzonej analizie wybrano 2 miejsca, w których jest to możliwe. Miejsca zamocowania dyszy aplikatora przedstawia rysunek 26. Przyjęto następujące miejsca aplikacji melasy podczas zbioru zielonki prasą zwijającą (M):

- przed podbieraczem (melasę aplikowano na wał podsuszanej zielonki),
- za podbieraczem, przed zespołem tnącym prasy.



Rysunek 26. Miejsca zamocowania dyszy aplikatora na prasie zwijającej Sipma Z – 590/1: 1 – wał zielonki, 2 – ciągnik, 3 – aplikator, 4 – prasa zwijająca, I – dysza aplikatora umieszczona przed podbieraczem prasy zwijającej, II – dysza aplikatora umieszczona za podbieraczem/przed zespołem tnącym prasy zwijającej.

Źródło: Opracowanie własne.

W kolejnym etapie badań – w badaniach właściwych polowych, podczas zbioru podsuszanej zielonki prasą zwijającą przyjęto parametry eksploatacyjne stosowane w praktyce przy produkcji sianokiszonki. Dyszę aplikatora zamontowano na prasie zwijającej uwzględniając ustalone parametry w badaniach laboratoryjnych.

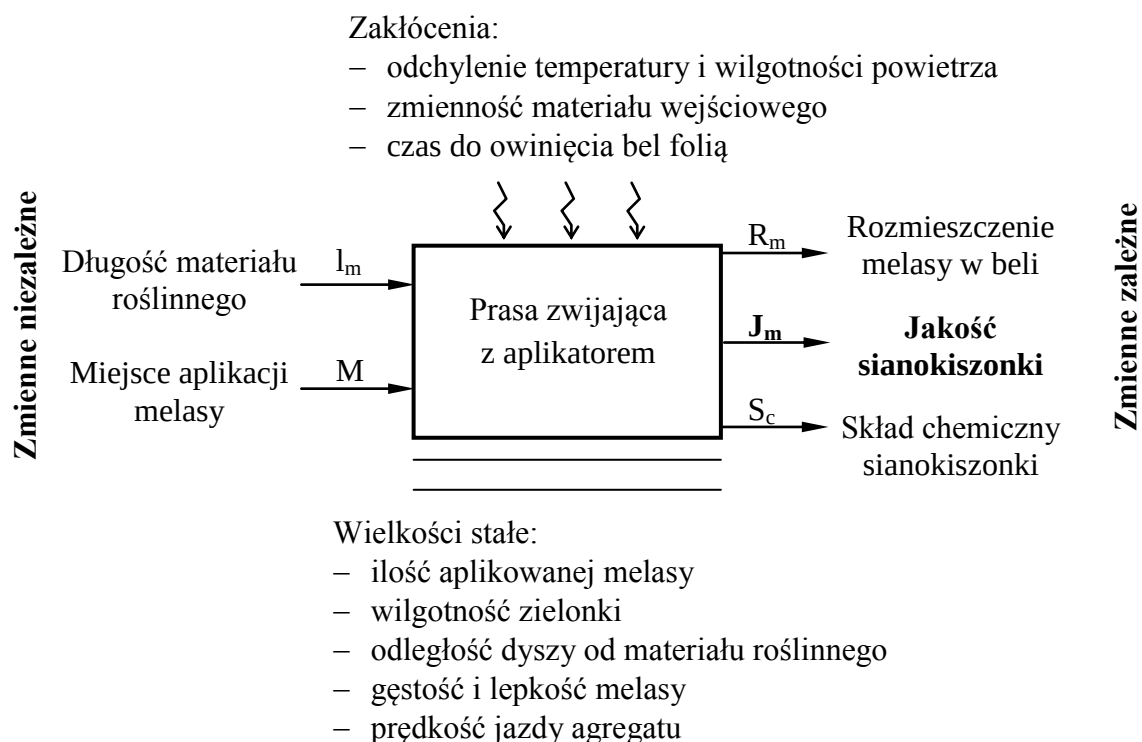
Zastosowano następujące warianty zbioru zielonki i uzyskanej sianokiszonki:

- W 1** – zbiór całych roślin bez dodatku melasy (kontrola), $l_m = 453 \text{ mm}$,
- W 2** – zbiór całych roślin z dodatkiem melasy aplikowanej przed podbieraczem na wał zielonki, $l_m = 453 \text{ mm}$,
- W 3** – zbiór całych roślin z dodatkiem melasy podawanej przed zespołem tnącym, $l_m = 453 \text{ mm}$
- W 4** – zbiór zielonki z jednoczesnym rozdrobnieniem i z dodatkiem melasy podawanej przed podbieraczem, $l_m = 178 \text{ mm}$,
- W 5** – zbiór zielonki z jednoczesnym rozdrobnieniem i z dodatkiem melasy podawanej przed zespołem tnącym, $l_m = 178 \text{ mm}$.

Dokonano zbioru podsuszanej zielonki według przyjętych wariantów i przeprowadzono następujące analizy:

- rozkładu i zawartości melasy w belach zielonki,
- składu chemicznego sianokiszonki,
- jakości uzyskanej sianokiszonki.

Schemat badań dla określenia rozmieszczenia melasy w belach zielonki, składu chemicznego oraz jakości sianokiszonki przedstawiono na rysunku 27.

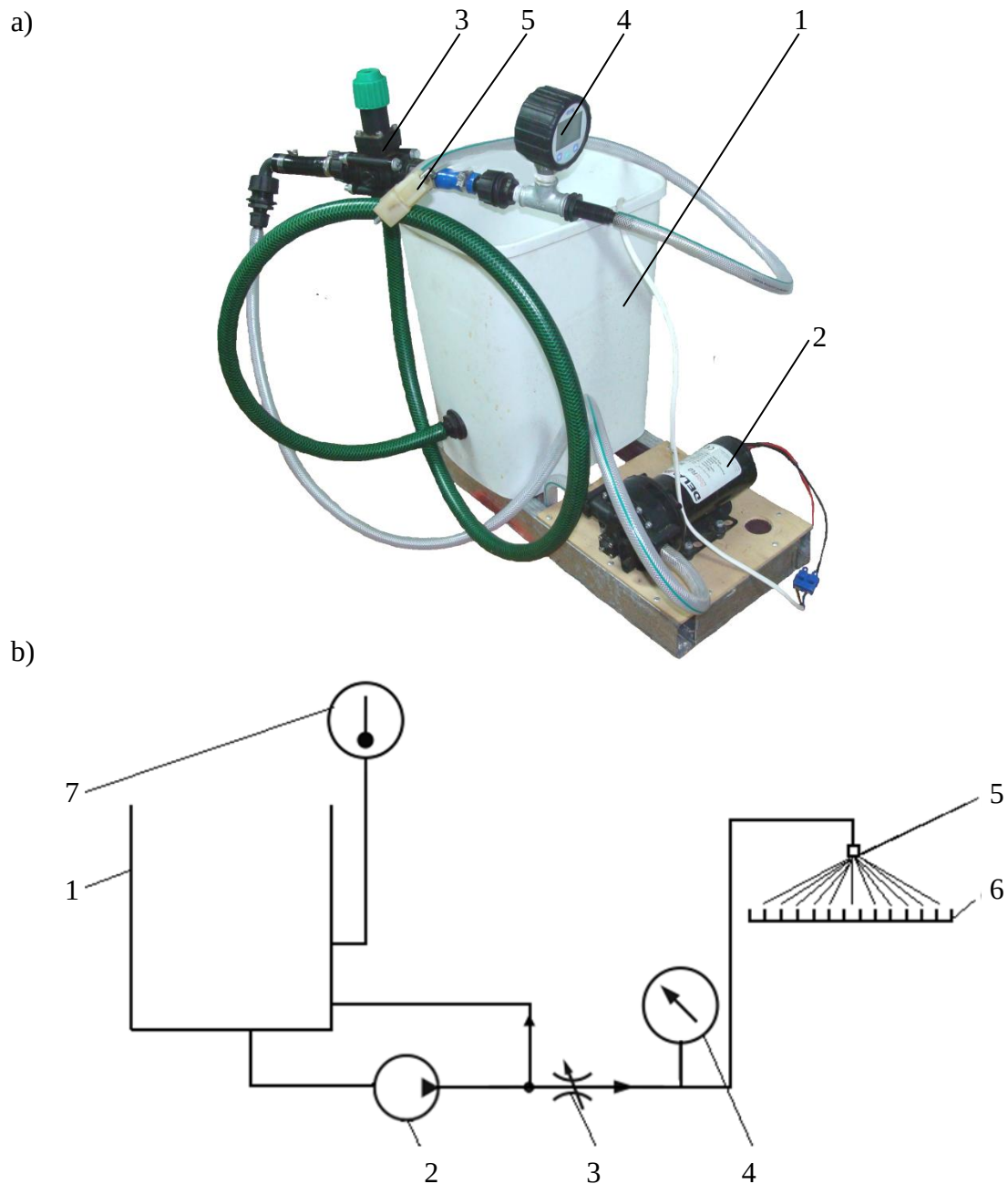


Rysunek 27. Schemat badań dla określenia rozmieszczenia melasy w belach zielonki oraz składu chemicznego i jakości sianokiszonki.

Wyniki badań poddano analizie wariancji. Hipotezy zerowe zweryfikowano za pomocą testu F na poziomie istotności 0,05. Istotność różnic między grupami doświadczalnymi oceniono testem Tukeya wykorzystując pakiet oprogramowania StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA.

4.2. Stanowisko badawcze

Dla potrzeb eksperymentu zbudowano aplikator do preparatów ciekłych oraz laboratoryjne stanowisko badawcze, którego schemat przedstawia rysunek 28.



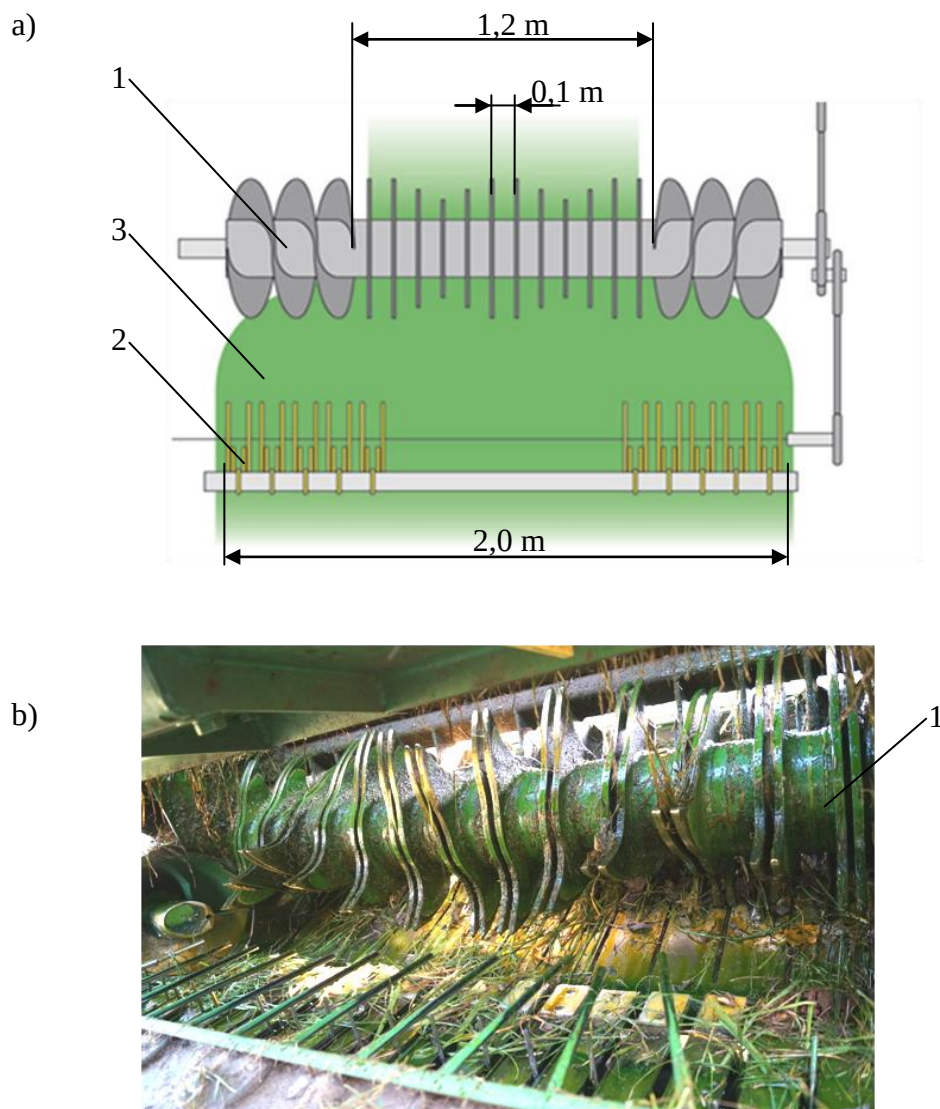
Rysunek 28. Schemat stanowiska do określenia parametrów aplikacji: a) widok aplikatora, b) schemat stanowiska pomiarowego; 1 – zbiornik, 2 – pompa membranowa, 3 – regulator przepływu i ciśnienia, 4 – manometr, 5 – dysza, 6 – stół rowkowy, 7 – termometr.

Źródło: Opracowanie własne.

Aplikator zbudowany jest ze zbiornika (1), pompy (2) zasilanej z instalacji elektrycznej ciągnika (12V), regulatora przepływu i ciśnienia (3), manometru (4) oraz dyszy (5). Przystępując do budowy aplikatora założono, że elementy składowe oraz parametry jego pracy zbliżone będą do aplikatorów oferowanych na rynku. Umożliwi to wykorzystanie typowych aplikatorów preparatów ciekłych do aplikacji melasy oraz

odzwierciedlenie otrzymanych wyników w praktyce. Poza aplikatorem stanowisko wyposażone jest w stół rowkowy (6), na którym określano parametry aplikacji (odległość dyszy od materiału roślinnego, szerokość pracy dyszy) oraz termometr (7).

Na rysunku 29 przedstawiono zespół tnący prasy zwijającej Sipma Z-590/1 Power Cut zastosowanej w badaniach.



Rysunek 29. Zespół tnący prasy zwijającej Sipma Z-590/1 Power Cut: a) schemat budowy, b) widok ogólny: 1 – ładowacz bębnowy, 2 – podbieracz, 3 – wał zielonki.

Źródło: Opracowanie własne.

Szerokość zespołu tnącego wynosi 1,2 m, natomiast teoretyczna długość cięcia dla tego zespołu jest równa 0,1 m. Widok agregatu ciągnik – prasa zwijająca z nabudowanym aplikatorem w czasie zbioru zielonek przedstawiono na rysunku 30.



Rysunek 30. Widok agregatu ciągnik – prasa zwijająca Sipma Power Cut Z-590/1 z nabudowanym aplikatorem w czasie zbioru zielonek.

Źródło: Opracowanie własne.

W skład stanowiska badawczego weszły następujące maszyny i urządzenia:

a) do ustalenia parametrów pracy aplikatora – badania laboratoryjne:

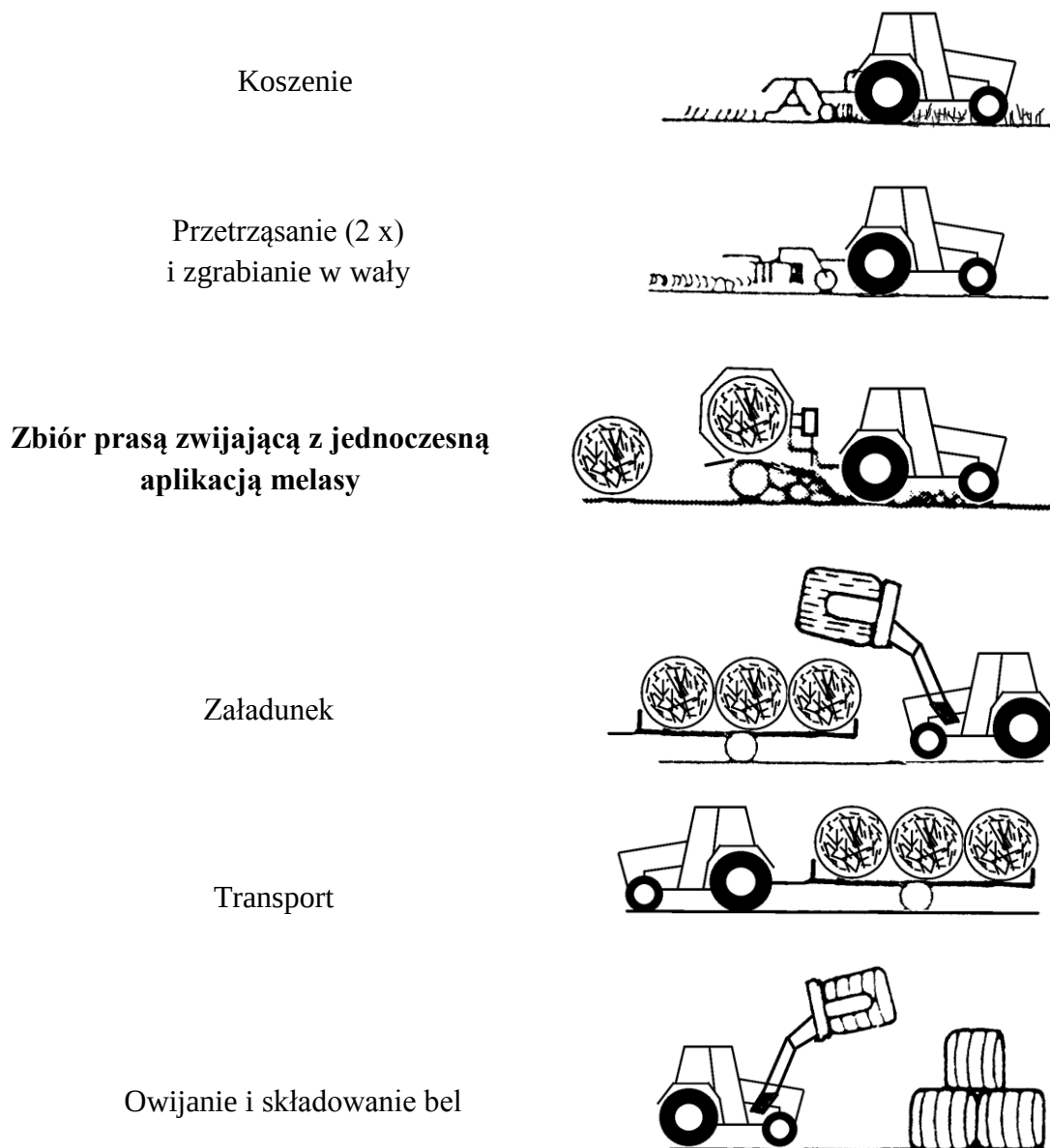
- aplikator własnej konstrukcji,
- dysza TK 10,
- stół rowkowy,
- lepkościomierz Brookfield DV-II+,

b) do badań polowych:

- ciągnik rolniczy Ursus U-912,
- kosiarka rotacyjna Z-042,
- przetrząsaczo – zgrabiarka Z-277/2,
- prasa zwijająca Sipma Z-590/1 Power Cut,
- aplikator własnej konstrukcji,
- ciągnik C-360 z ładowaczem czołowym Tur 36 wyposażonym w chwytak do bel cylindrycznych,
- owijarka do bel Sipma Z-274/1,
- waga o zakresie pomiarowym 0 – 1000 kg.

Do owijania bel zastosowano samoprzylepną folię rozciągliwą do silosowania firmy Agriflex w kolorze białym o szerokości 500 mm i grubości 0,025 mm.

Zestawienie podstawowych zabiegów przy zbiorze podsuszonej zielonki przedstawia rysunek 31.



Rysunek 31. Schematyczne zestawienie podstawowych zabiegów przy zbiorze zielonki podczas badań.

Źródło: Opracowanie własne.

4.3. Charakterystyka materiałów użytych do badań

4.3.1. Charakterystyka materiału roślinnego

Materiałem roślinnym użytym do badań była mieszanka koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense* L.) i życicy trwałej (*Lolium perenne* L.). Mieszanka roślinna pochodziła z gospodarstwa położonego w województwie zachodniopomorskim, gdzie przeważają gleby klasy IVb. W gospodarstwie tym, stosuje się konwencjonalne metody upraw. Rośliny skoszono w fazie kwitnienia koniczyny (I pokos), a następnie podsuszono. Średni plon zielonej masy dla I pokosu wyniósł 28 t·ha⁻¹. Przeważającą rośliną w mieszance była koniczyna czerwona i stanowiła ok. 60 % masy roślinnej. Charakterystykę zbieranej zielonki przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka zbieranej zielonki:

Pokos	Wymiary wałów (szerokość x wysokość)	Masa 1 mb wału podsuszanej zielonki (65 % s.m)	Plon s.m. z 1 ha	Rozstaw wałów	Średnia długość roślin
	[mm]	[kg]		[mm]	
I	1200 x 500 ÷ 550	4,8	7600	4200	453

Źródło: Opracowanie własne.

4.3.2. Charakterystyka melasy

Melasa jest produktem ubocznym powstającym przy produkcji cukru z buraków cukrowych lub z trzciny cukrowej jako brązowy, lepki syrop o zapachu karmelu i lekko gorzkim smaku. Zawiera ok. 70 % suchej masy w tym do 80% cukrów fermentowanych. Melasa buraczana zawiera tę część cukru, która nie daje się odzyskać w typowym procesie technologicznym, a dalsze jego odzyskiwanie jest nieopłacalne ekonomicznie. Skład chemiczny melasy zależy od odmiany buraków, warunków glebowych i klimatycznych, wegetacji, a także od rodzaju procesu technologicznego produkcji cukru. Na 1 tonę produkowanego cukru otrzymuje się ok. 0,35 tony melasy. Oznacza to, że przy produkcji cukru w Polsce rzędu 1 500 – 2 000 tys. ton otrzymuje się ok. 470 tys. ton melasy rocznie [<http://kzpb.com.pl/wyniki-produkcyjne-w->

polsce,50,pl.html, 2015]. Melasa jest wartościowym surowcem dla przemysłu biotechnologicznego. Wykorzystywana jest m.in. do produkcji drożdży piekarnianych, drożdży paszowych i pasz, kwasów organicznych (kwasu mlekowego, kwasu cytrynowego), alkoholu w gorzelnictwie przemysłowym, butanolu, acetonu i innych substancji, np. witamin, antybiotyków. Melasa jest surowcem stosunkowo tanim i może być wykorzystywana jako dodatek do pasz objętościowych oraz treściwych [Kotarska i in., 2013; MRiRW, 2010]. Dawki melasy wahają się od 2 % do 8 % w stosunku do surowca przeznaczonego do zakiszania i można ją stosować samodzielnie lub w kombinacji z innymi konserwantami [Borowski, 2009; Dulcet, Bujaczek, 2012; Pieper i in., 2006]. Dobrej jakości kiszonki uzyskiwano z zastosowaniem od 3 % do 5 % melasy. Melasę stosuje się najczęściej i jest szczególnie korzystna w zastosowaniu do roślin o niskiej zawartości rozpuszczalnych węglowodanów i wysokiej zawartości białka [Keskin, Yilmaz, 2005]. Dodatek melasy do zielonki o niskiej zawartości s.m. może skutkować utratą węglowodorów podczas wycieku soku kiszonkowego podczas kilku pierwszych dni [Sarwatt, 1995; Titterton, Bareeba, 1999]. Właściwości fizyczno – mechaniczne melasy przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Właściwości fizyczno-chemiczne melasy

Cecha	Wartość¹	Wartość²
Zawartość suchej masy [%], nie mniej niż	73	76
Gęstość [g·cm⁻³]	1,35	1,36
Lepkość dynamiczna [Pa·s]·10⁻³ (w zależności od temperatury)	500 – 1000	600 (32°C)
Zawartość sacharozy [%], nie mniej niż	44	36
Wartość pH	7,0 – 9,0	7,2
Zawartość substancji redukujących [%], nie więcej niż	Nie normalizuje się	Nie oznaczono
Zawartość kwasów lotnych [%], nie więcej niż		
Zawartość SO² [%], nie więcej niż		

Źródło: ¹ PN-76/R-64772.

² Opracowanie własne.

Melasa zastosowana do badań pochodziła z cukrowni Nakło z kampanii cukrowniczej 2012/2013. Melasę aplikowano w ilości 5 % zawartości suchej masy zielonki.

4.4. Opis zastosowanych technik pomiarowych

4.4.1. Pomiar wilgotności zielonki

W czasie badań polowych warunki atmosferyczne sprzyjały utracie wody przez zielonkę. Spadek wilgotności zielonki po dwukrotnym przetrząsaniu osiągał wartość 5 % na godzinę. Aby uzyskać odpowiednią wilgotność (zawartość suchej masy) podsuszanej zielonki z przeznaczeniem na kiszonkę niezbędne było przeprowadzenie szybkiej oceny jej wilgotności względnej. W tym celu zastosowano dwie metody:

- przed zbiorem wilgotność określono za pomocą kuchenki mikrofalowej [Mirek, Pustuła, 2008],
- po zbiorze za pomocą wilgotnościomierza do sprasowanej słomy i siana marki Dramiński HM 14014.

Oceniając wilgotność zielonki z zastosowaniem kuchenki mikrofalowej postępowano w następujący sposób:

- pobrano z 5 różnych miejsc pola po 1 kilogramie zielonki, następnie je wymieszano i pobrano 100 g próbkę do analizy, masę prób określono za pomocą wagi elektronicznej o dokładności $\pm 0,2$ g,
- zielonkę pocięto na odcinki o długości ok. 50 mm, równomiernie rozmieszczono na talerzu i umieszczono w mikrofalówce,
- próbki kilkakrotnie podsuszano w kuchence do uzyskania stałej masy,

Do obliczenia wilgotności zielonki zastosowano następujący wzór:

$$w_m = \frac{m_w - m_s}{m_w} \cdot 100 \% \quad (1)$$

gdzie:

w_m – wilgotność względna zielonki [%],

m_w – masa wilgotnej próbki [g],

m_s – masa wysuszonej próbki [g].

Dokładny pomiar wilgotności zielonki wykonano metodą suszarkowo – wagową zgodnie z PN – ISO 6496. Pozwoliło to zweryfikować i ocenić jakość w/w metod pomiaru. Różnice w wilgotności przy użyciu suszarki mikrofalowej nie przekraczały 2 %, natomiast wskazania wilgotnościomierza różniły się maksymalnie o 5 % w stosunku do metody suszarkowo – wagowej. Próby oznaczenia wilgotności wykonano w trzech powtórzeniach.

4.4.2. Określenie wydajności zbioru

Aby wyznaczyć wydajność zbioru poprawiano ręcznie wałki zbieranego materiału roślinnego tak, aby uzyskać jednakową wysokość o równomiernym rozłożeniu masy na długości 100 m. Odcinek pomiarowy wyznaczono za pomocą taśmy mierniczej z dokładnością $\pm 0,01$ m i oznaczono tyczkami. Masę wałka pomiarowego określono ważąc zielonkę z 2 metrowych odcinków z dokładnością do $\pm 0,1$ kg. W trakcie badań agregat ciągnik – prasa zwijająca poruszał się ze stałą prędkością $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ wynikającą z wymagań agrotechnicznych tego zabiegu. Czas przejazdu odcinka pomiarowego mierzono za pomocą stopera z dokładnością $\pm 0,1$ s. Wydajność zbioru określono według wzoru:

$$Q = 3,6 \cdot \frac{q}{t} [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

Q – wydajność zbioru $[\text{t} \cdot \text{h}^{-1}]$,

q – masa materiału z wałka o długości 100 m [kg],

t – czas przejazdu przez agregat odcinka pomiarowego o długości 100 m [s].

Obliczoną wydajność zweryfikowano poprzez dokładne zważenie bel uzyskanych z odcinka pomiarowego. Pomiar powtórzono pięciokrotnie.

4.4.3. Określenie zagęszczenia beli

Obok rozdrobnienia roślin koniecznym warunkiem do uzyskania prawidłowej fermentacji jest odpowiednie zagęszczenie zielonki, które decyduje o jakości uzyskanej sianokiszonki [Chlebowski, Gach, 2006; Fuerll i in. 2008].

Zagęszczenie zielonki w belach wyrażone zostało jako masa objętościowa sprasowanego materiału ρ_m [kg s.m. $\cdot$ m⁻³] [Kanafojski, 1980]. Po zbiorze zielonki bele ważono z dokładnością do ± 1 kg oraz mierzono ich średnicę i wysokość z dokładnością do $\pm 0,01$ m. Wartość ciśnienia w komorze zwijania była jednakowa dla wszystkich wykonanych bel i wynosiła 18 MPa.

4.4.4. Określenie średniej długości zielonki przed i po cięciu

W celu określenia średniej długości zielonki przed i po cięciu pobierano losowo po 50 sztuk traw i koniczyny. Każdy pobrany odcinek mierzono z dokładnością do 1 mm. Wszystkie zmierzone odcinki podzielono na 10 klas długości – co 50 mm. Średnią długość roślin przed i po cięciu obliczono ze wzoru [Kanafojski, 1980]:

$$l_m = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x} \cdot n_i}{100} \text{ [mm]} \quad (3)$$

gdzie:

l_m – średnia długość roślin dla wszystkich klas [mm],

i – liczba klas,

n – końcowy numer klasy,

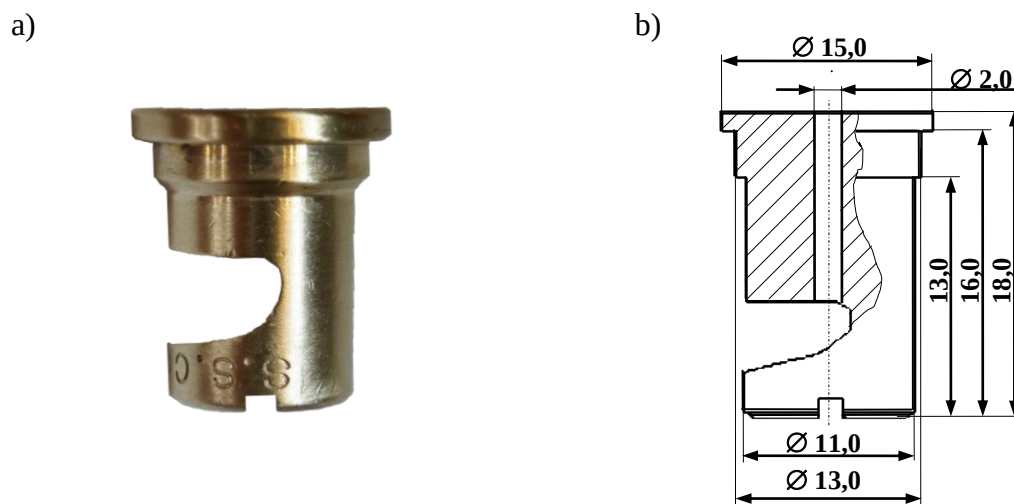
$\bar{x}$ – średnia długość odcinków roślin w poszczególnych klasach [mm],

n_i – liczba odcinków średniej długości roślin w danej klasie.

4.4.5. Ustalenie parametrów aplikacji

Dokonując ustalenia parametrów aplikacji założono, że szerokość pracy rozpylacza odpowiadała będzie szerokości komory zwijania tj. 1,2 m (wartość charakterystyczna dla większości dostępnych pras zwijających). Doboru dyszy dokonano na podstawie analizy literatury oraz badań własnych. Analizie poddano dysze szczelinowe, wirowe oraz uderzeniowe. Po przeprowadzeniu wstępnych badań wybrano dyszę uderzeniową TeeJet TK – 10, o szerokim strumieniu płaskim przedstawioną na rysunku 32. Za wyborem dyszy przemawiało: niskie ciśnienie pracy (0,15 – 0,2 MPa), szeroki kąt strumienia cieczy (do 140°) zapewniający szerokość pokrycia do 2 m, natężenie wypływu cieczy oraz mała podatność na zapychanie się. Ustalenie żądanego natężenia wypływu melasy z dyszy wykonano w oparciu o dane uzyskane podczas zbioru

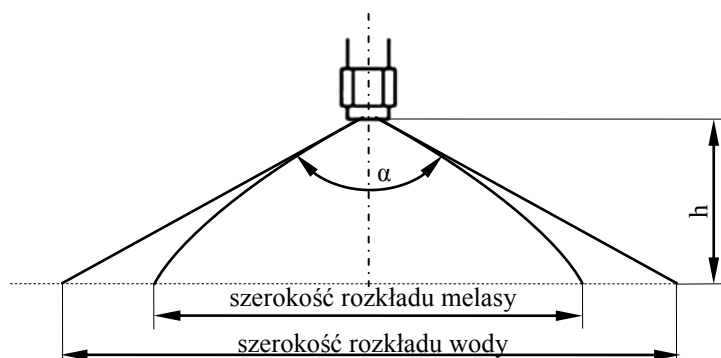
podsuszonej zielonki prasą zwijającą (wstępne badania polowe) oraz zalecaną dawkę melasy na poziomie 5 % zawartości s.m. w zielonce. Wskaźnik nierównomierności dozowania roztworu melasy dla użytej w badaniach dyszy nie przekraczał 7 %.



Rysunek 32. Dysza uderzeniowa płaskostrumieniowa: a) widok, b) schemat budowy.

Źródło: Opracowanie własne.

W specyfikacji technicznej dysz natężenie wypływu, kąt strumienia oraz szerokość pracy podana jest dla wody. Producenci podają współczynniki korekcyjne dla cieczy o różnej gęstości natomiast nie ma informacji odnośnie cieczy lepkich. W praktyce przy takich samych parametrach pracy kąt strumienia wody i melasy jest zbliżony jednak szerokość pracy rozpylacza jest znacznie zróżnicowana (rys. 33).



Rysunek 33. Szerokość pracy rozpylacza uderzeniowego w zależności od rodzaju cieczy.

Źródło: Opracowanie własne.

Lepkość oraz gęstość melasy jest czynnikiem powodującym uzyskanie znacznie mniejszej szerokości pracy rozpylacza. Teoretyczna szerokość pasa opryskiwanego przez pojedynczy rozpylacz zależy również od odległości pomiędzy rozpylaczem i opryskiwanym obiektem.

Badanie lepkości dynamicznej melasy wykonano w przedziale temperatur 22 – 40°C, co 2°C za pomocą lepkościomierza Brookfield DV-II+. Podgrzewanie melasy odbywało się poza zbiornikiem aplikatora, przy użyciu grzałki elektrycznej. Pomiar szerokości pracy rozpylacza wykonano dla trzech temperatur: 30°C, 36°C i 40°C i przy ciśnieniu 0,15 MPa na stole rowkowym o szerokości rowka 40 mm. Dla wskazanych parametrów określono optymalną odległość dyszy od zielonki, która zapewnia szerokość pracy 1,2 m. Ponadto wyznaczono współczynnik nierównomierności rozkładu poprzecznego melasy CV, według wzoru [Gajtkowski, 2000]:

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i - m_{\text{sr}})^2}}{m_{\text{sr}}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

gdzie:

CV – wskaźnik nierównomierności rozkładu [%],

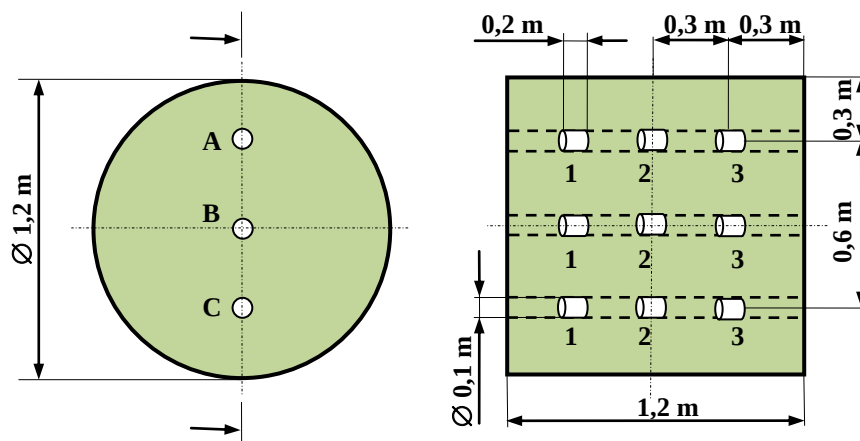
n – liczba rowków pomiarowych,

m – masa cieczy i-tego rowka pomiarowego [g],

m_{sr} – średnia arytmetyczna masa cieczy z n-rowków pomiarowych [g].

4.4.6. Ustalenie zawartości i rozmieszczenia melasy w belach

Określenie zawartości i rozmieszczenia melasy w belach wykonano dla dwóch położen dyszy aplikatora na prasie zwijającej. Badania przeprowadzono w warunkach polowych stosując parametry aplikacji ustalone laboratoryjnie. W poszczególnych wariantach zbioru zastosowano takie same parametry aplikacji. Bezpośrednio po zbiorze podsuszanej zielonki pobrano próby do analizy laboratoryjnej. Zawartość i rozmieszczenie melasy w przekroju pionowym i poziomym bel określono w oparciu o zawartość cukrów redukujących w pobranych próbach.

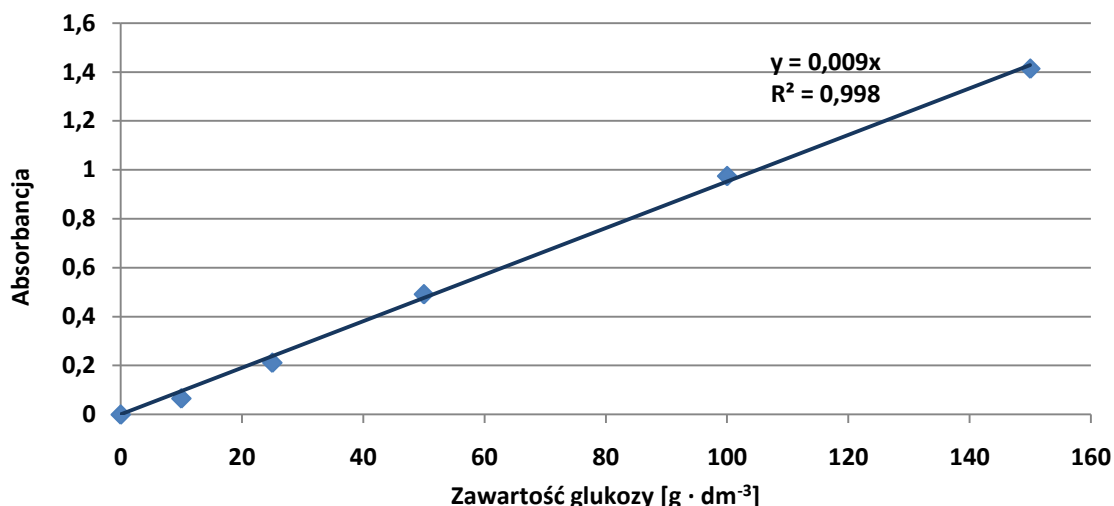


Rysunek 34. Miejsca pobrania próbek do określenia rozmieszczenia melasy w przekroju beli.

Źródło: Opracowanie własne.

Oznaczenie wykonywano metodą kolorymetryczną, wykorzystującą właściwości redukujące cukrów, które w środowisku zasadowym redukują grupy nitrowe kwasu 3,5-dinitrosalicylowego (DNS) do grup aminowych, charakteryzujących się pomarańczowym zabarwieniem. Intensywność zabarwienia, proporcjonalna do zawartości cukrów redukujących stanowi podstawę ich oznaczenia ilościowego [Ghose, 1987].

Próbki sianokiszzonek zostały rozdrobnione w młynku koloidalnym do wielkości ziarna ok. 2 – 5 mm, a następnie materiał umieszczono w 100 ml wody destylowanej i poddano wytrząsaniu na Vortexie przez 30 min. Po tym czasie pobierano próbki po 50 μ l, do których dodawano 1,95 cm^3 odczynnika DNS. Próbki inkubowano przez 10 min w 99 $^{\circ}\text{C}$, a po tym czasie chłodzono w lodzie do temperatury pokojowej. Z każdej próbki pobrano po 100 μ l do kuwet spektrofotometrycznych i dodano 900 μ l odczynnika DNS. Pomiar absorbancji wykonano przy długości fali 540 nm wobec odczynnika DNS z wodą dejonizowaną jako próbki zerowej. Wyniki zawartości glukozy odczytano ze sporządzonej uprzednio krzywej wzorcowej glukozy przedstawionej na rysunku 35. Oznaczenie cukrów redukujących ogółem wykonano we wszystkich próbkach z badanym materiałem.



Rysunek 35. Krzywa wzorcowa zawartości glukozy.

Wymieszanie melasy z podsuszoną zielonką charakteryzowano za pomocą wskaźnika nierównomierności wymieszania (współczynnik zmienności) cukrów redukujących znajdujących się w pobranych próbkach:

$$K = \frac{\varphi}{x_{\text{sr}}} \cdot 100 \% \quad (5)$$

gdzie:

K – wskaźnik nierównomierności wymieszania (współczynnik zmienności) dla cukrów redukujących [%],

φ – odchylenie standardowe,

x_{sr} – średnia arytmetyczna zawartość cukrów [g · dm⁻³].

4.4.7. Ocena jakości i składu chemicznego sianokiszonki

Ocenę jakości sianokiszonki wykonano po 6 tygodniach od momentu zakiszania. Próbkę o jednakowej masie pobierano z 5 różnych miejsc beli według schematu pojedynczej koperty, przedstawionego na rysunku 36, zgodnie z BN-74-9162-01. Z każdej beli pobierano reprezentatywne próbki sianokiszonki o masie 0,4 kg. Jakość sianokiszonki oceniano w oparciu o zawartość kwasów: mlekowego, masłowego i octowego, stosując skalę Fliega – Zimmera [Jamróz i in., 2001]. Do ilościowego oznaczenia zawartości kwasów zastosowano metodę Leppera [Praca zbiorowa, 1983].

Poza zawartością kwasów tłuszczowych w każdej z pobranych prób sianokiszonki oznaczono:

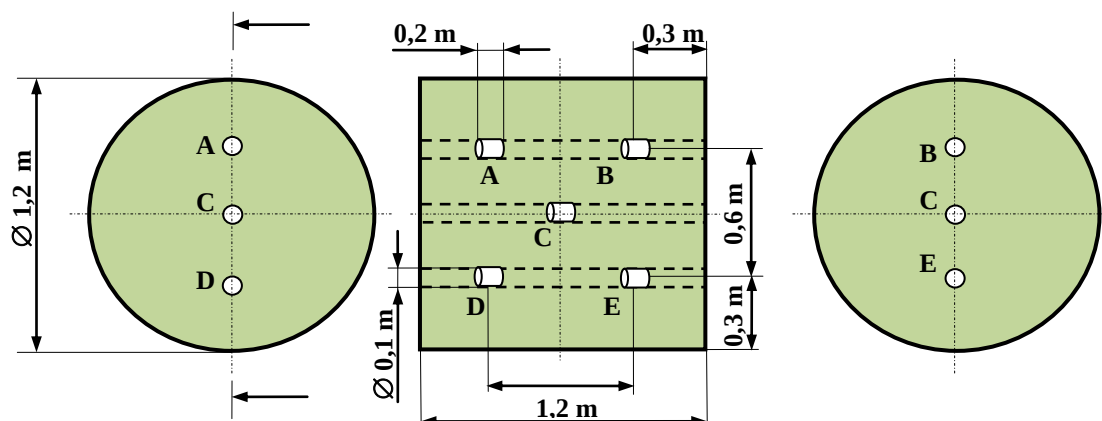
- suchą masę – PN-ISO 6496,
- popiół surowy – PN-76/R-64-795,
- białko ogólne – PN-EN ISO 5983-1,
- włókno surowe – PN-EN ISO 6865,
- pH – pH-metrem N 5172,

Zawartość suchej masy, popiołu surowego, białka ogólnego i włókna surowego oznaczono zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) Nr 152/2009.

Na podstawie uzyskanych wartości składu chemicznego kiszzonek oraz tabelarycznych współczynników strawności obliczono [Praca zbiorowa, 1997]:

- energię metaboliczną (EM),
- energię netto laktacji (NEL),
- białko ogólne dostępne w jelicie (nBO),
- bilans azotu żwaczowego (BNŻ).

Przygotowanie prób do analiz wykonano zgodnie z metodyką opisaną przez Rogulskiego i Skomiała [Chachułowa, Skomiał, 1997].



Rysunek 36. Schemat miejsc pobierania próbek sianokiszonki z bel do określenia jakości paszy: A, B, C, D, E – miejsca pobierania próbek.

Źródło: Opracowanie własne.

4.5. Opis toku eksperymentu

Przed przystąpieniem do badań skoszono odpowiednią ilość materiału roślinnego, który następnie kilkakrotnie przetrząsano, kontrolując wilgotność zielonki za pomocą metody z użyciem kuchenki mikrofalowej. Po uzyskaniu założonej w badaniach wilgotności materiału roślinnego pobrano próby do określenia wilgotności metodą suszarkowo – wagową. Podsuszoną zielonkę zgrabiono w wały. Przed każdą serią badań wały poprawiano ręcznie tak, aby charakteryzowały się równomiernym rozłożeniem masy na całej szerokości i długości.

Dla ustalonej wydajności zbioru nastawiono aplikator na wymaganą wydajność aplikacji melasy (56 kg roztworu melasy na tonę suchej masy zielonki), uruchamiano agregat i dokonywano zbioru. Uformowane bele oznaczono i przewieziono do miejsca składowania, gdzie je ważono i mierzono. Przed składowaniem pobierano próby do oceny równomierności rozmieszczenia melasy w belach. Następnie bele owinięto czterokrotnie folią i składowano. Po 6 tygodniach od momentu zakiszania zielonki, z każdej beli pobierano reprezentatywne próby sianokiszonki do oceny ich jakości i składu chemicznego.

4.6. Miejsce realizacji eksperymentu

Badania realizowano w latach 2010 – 2014, zgodnie z opracowaną metodyką i przyjętym celem pracy. Główną część eksperymentu – badania polowe przeprowadzono w gospodarstwie indywidualnym na terenie województwa zachodniopomorskiego w powiecie świdwińskim. Doboru parametrów aplikacji dokonano w laboratorium Katedry Agrotechnologii Politechniki Koszalińskiej (PK). Określenie równomierności rozmieszczenia melasy w beli wykonano w laboratorium Katedry Biochemii i Biotechnologii PK. Pomiar lepkości wykonano w Katedrze Techniki Ciepłej i Chłodnictwa PK. Ocenę jakości paszy przeprowadzono w laboratorium Katedry Hodowli Bydła i Żywienia Zwierząt Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego w Bydgoszczy.

4.7. Matematyczne opracowanie wyników badań

Wyniki badań poddano analizie wariancji. Hipotezy zerowe zweryfikowano za pomocą testu F na poziomie istotności 0,05. Istotność różnic między grupami doświadczalnymi oceniono testem Tukeya wykorzystując pakiet oprogramowania StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA. Pomiary zostały wykonane tymi samymi urządzeniami pomiarowymi z zachowaniem jednakowych procedur pomiarowych.

5. Analiza wyników badań

5.1. Zagęszczenie bel

Aby ustalić parametry aplikacji niezbędne było wcześniejsze wyznaczenie zagęszczenia bel w odniesieniu do suchej masy. Średnie wartości zagęszczenia materiału roślinnego w belach uzyskane w trakcie przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Średnie wartości zagęszczenia zielonki o różnej długości:

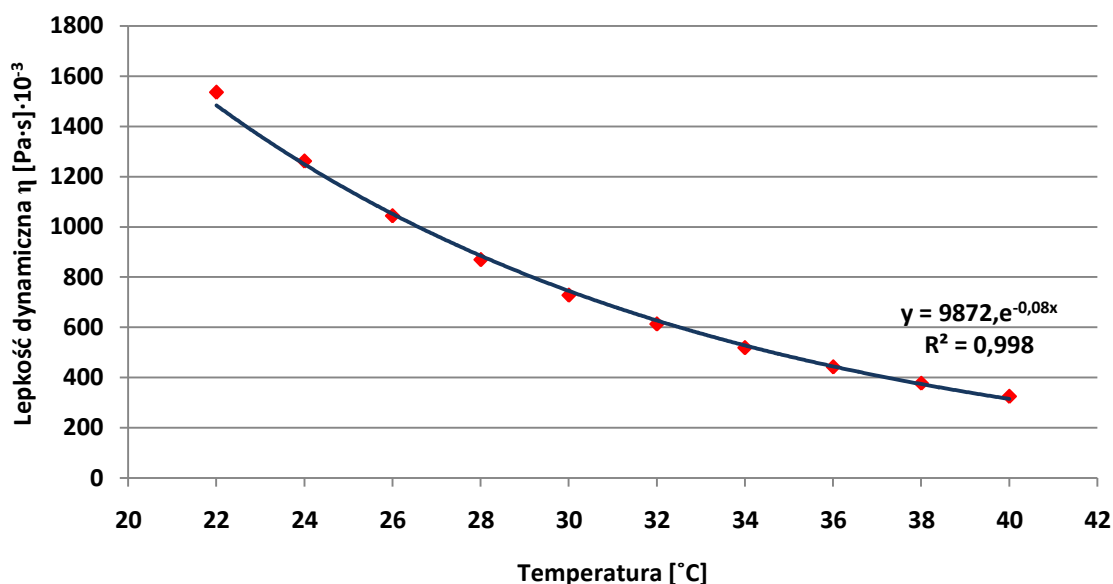
Zawartość s.m. [%]	Zagęszczenie bel [$\text{kg s.m} \cdot \text{m}^{-3}$]	
	Materiał niepocięty $l_m = 453 \text{ mm}$	Materiał pocięty $l_m = 178 \text{ mm}$
	Ciśnienie prasowania $p_p = 18 \text{ MPa}$	Ciśnienie prasowania $p_p = 18 \text{ MPa}$
65	138	155

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy zagęszczenia materiału roślinnego stwierdzono, że zagęszczenie bel formowanych z roślin pociętych zespołem tnącym prasy zwijającej jest około 12 % większe w porównaniu z belami formowanymi z roślin niepociętych.

5.2. Parametry aplikacji

W celu wyznaczenia parametrów aplikacji zbudowano stanowisko badawcze, które przedstawia rysunek 28. Melasę podgrzewano do temperatury $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ i wyznaczono przebieg zmian lepkości, który przedstawiony jest na rysunku 37.



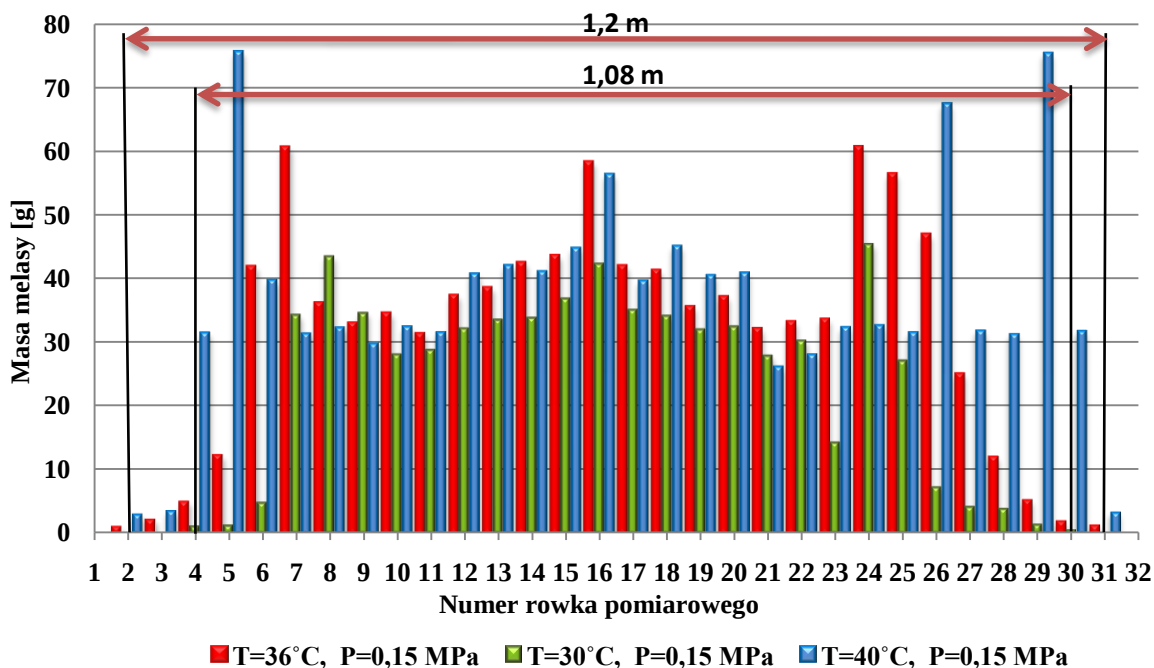
Rysunek 37. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną melasy.

Źródło: Opracowanie własne.

Podgrzewanie melasy do wyższych temperatur może powodować min. denaturację zawartego w niej białka oraz tworzenie się kryształów sacharozy, obniżając tym samym przydatność melasy do zakiszania zielonki. Lepkość dynamiczna melasy w badanym przedziale temperatur zawierała się między $1530 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot 10^{-3}$ dla temperatury 22°C , a $320 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot 10^{-3}$ dla temp. 40°C .

W trakcie prowadzenia badań stwierdzono, że optymalna odległość dyszy TK 10 od opryskiwanego obiektu zapewniająca założoną szerokość opryskiwanego pasa (1,2 m) wynosi 0,32 m.

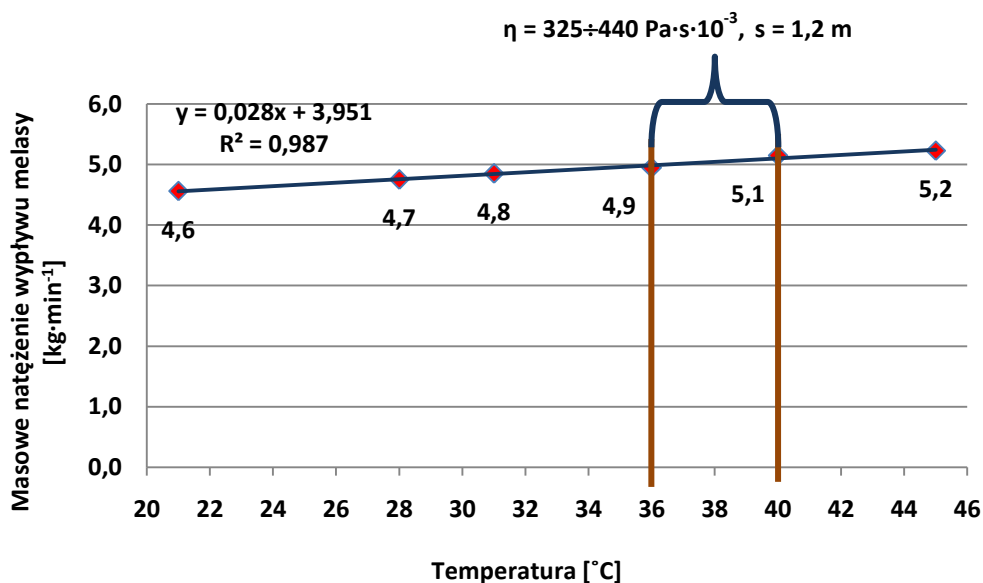
Biorąc pod uwagę temperaturę cieczy oraz wykorzystując dyszę TK 10 wyznaczono szerokość rozkładu melasy. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem temperatury nastąpił wzrost szerokości pracy rozpylacza (rys. 3). Dla melasy o temperaturze 30°C uzyskano szerokość rozkładu poprzecznego na poziomie 1,08 m. Dalszy wzrost temperatury melasy do 36°C i 40°C spowodował wzrost szerokości pracy rozpylacza do 1,2 m dla obu temperatur. Histogram rozkładu poprzecznego melasy na oznaczony na stole rowkowym przedstawia rysunek 38.



Rysunek 38. Histogram rozkładu poprzecznego melasy w zależności od temperatury.

Dla badanej dyszy i uzyskanych szerokości pracy wyznaczono współczynnik nierównomierności rozkładu CV. Najmniejszym wskaźnikiem CV, który wyniósł 46,2 % charakteryzowała się melasa o temperaturze 40 °C. Dla melasy o temperaturze 36 °C wskaźnik ten wyniósł 57,7 %, natomiast przy temperaturze 30 °C – 61,8 %.

Na rysunku 39 przedstawiono masowe natężenie wypływu melasy z pojedynczej dyszy TK 10 w zależności od temperatury.



Rysunek 39. Masowe natężenie wypływu melasy z dyszy TK 10 w zależności od temperatury.
Źródło: Opracowanie własne.

W warunkach polowych podgrzewanie melasy jest znacznie utrudnione, więc czynność tą należałoby wykonać poza instalacją aplikatora, co jest trudne do zrealizowania. Bazując na uzyskanych wynikach sporządzono roztwór melasy z wodą w takiej proporcji aby odzwierciedlić właściwości reologiczne melasy po podgrzaniu i uzyskać założoną szerokość pracy rozpylacza. Melasę rozcieńczano wodą w takiej proporcji aby uzyskać lepkość roztworu z przedziału temperatur $36^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$. Ostatecznie uzyskano rozcieńczenie melasy wodą w stosunku masowym 7 : 1 (7 kg melasy i 1 kg wody), przy którym lepkość roztworu zawierała się pomiędzy $325 \div 440 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot 10^{-3}$. W opracowaniach literaturowych zaleca się, aby melasę rozcieńczyć wodą w stosunku 1:1, a nawet 1:4 w zależności od technologii konserwowania pasz [Niwińska, 2008].

Uzyskane wyniki badań i ich analiza pozwalają stwierdzić, że całkowite wyeliminowanie wody jako rozcieńczalnika jest możliwe, lecz ze względów praktycznych trudne do zrealizowania. Stosując wodę w ilości, którą określono w badaniach można w dużym stopniu ograniczyć jej wykorzystanie do „rozcieńczenia” melasy, redukując jednocześnie zużycie roztworu wprowadzanego do zbieranych zielonek.

W tabeli 5 przedstawiono zestawienie parametrów aplikacji roztworu melasy uzyskanych eksperymentalnie i zastosowanych w badaniach polowych właściwych.

Tabela 5. Parametry aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą:

Rodzaj rozpylacza	Szerokość pracy rozpylacza s [m]	Odległość dyszy od zielonki h [m]	Ciśnienie [MPa]	Rozcieńczenie melasy wodą
TK 10	1,2	0,32	0,15	7 : 1

Źródło: Opracowanie własne.

5.3. Analiza rozmieszczenia melasy w belach

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych zawartości cukrów redukujących w pobranych próbach przedstawiono w tabeli 6. W oparciu o dane tabelaryczne wykonano histogramy rozkładu cukrów w belach kontrolnych oraz z dodatkiem melasy w dwóch płaszczyznach: pionowej i poziomej, które przedstawiono na rysunkach od 40 do 49.

Tabela 6. Zawartość cukrów redukujących oznaczona w próbach:

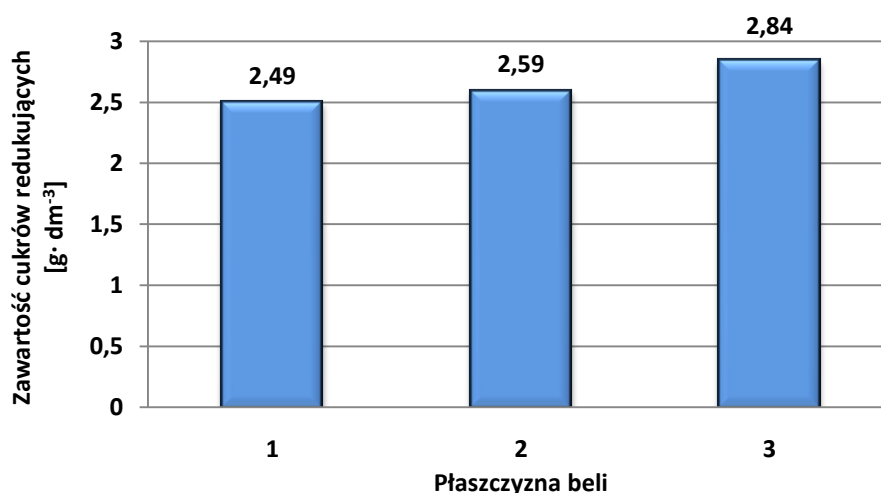
Miejsce pobrania prób		W 1*			W 2			W 3			W 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		[g·dm ⁻³]			[g·dm ⁻³]			[g·dm ⁻³]			[g·dm ⁻³]		
A	pomiary	2,901	2,814	3,292	4,282	2,285	10,174	6,053	18,712	6,272	10,651	11,257	3,785
		3,011	2,847	2,903	5,174	3,529	8,242	9,563	17,503	6,563	8,739	11,153	3,543
		2,893	2,736	3,184	6,369	2,376	5,973	5,538	14,621	4,831	8,246	9,072	1,415
		2,983	2,548	2,974	6,765	3,187	9,683	6,672	13,453	6,862	9,654	14,075	3,564
		2,945	2,742	2,911	6,355	3,356	6,985	7,965	16,238	4,948	9,549	11,281	1,379
	średnia	2,947	2,737	3,053	5,789	2,947	8,211	7,158	16,105	5,895	9,368	11,367	2,737
B	pomiary	2,439	1,617	2,627	15,094	18,147	8,758	4,495	10,203	3,935	7,081	7,493	6,093
		2,631	1,621	2,763	12,101	17,319	5,932	4,736	14,218	3,823	3,193	7,795	8,457
		2,686	1,775	2,935	10,149	16,534	8,811	6,147	15,286	3,547	7,514	6,17	8,263
		2,546	1,659	3,021	7,002	17,625	7,398	5,324	12,581	3,214	6,826	3,298	4,717
		2,328	1,596	2,862	9,865	17,216	5,939	4,561	11,924	4,958	6,439	4,719	6,154
	średnia	2,526	1,654	2,842	10,842	17,368	7,368	5,053	12,842	3,895	6,211	5,895	6,737
C	pomiary	2,264	3,327	2,262	2,962	4,442	7,122	13,549	9,186	9,653	8,113	11,286	9,674
		2,291	3,193	2,678	3,974	3,743	8,233	14,786	10,571	7,978	7,503	10,726	11,128
		1,632	3,427	3,297	1,6	4,939	7,195	15,579	8,397	12,051	8,638	8,672	8,441
		1,826	3,971	2,389	2,456	4,267	4,864	18,283	11,786	7,885	9,015	11,249	8,837
		1,987	2,975	2,532	3,217	4,714	6,273	17,805	14,268	7,697	7,784	13,334	10,863
	średnia	2,0	3,379	2,632	2,842	4,421	6,737	16,0	10,841	9,053	8,211	11,053	9,7887

* próba kontrolna bez dodatku melasy

Tabela 6 . c.d.

Miejsce pobrania prób		W 5		
		1	2	3
		[g·dm ⁻³]		
A	pomiar	9,248	9,173	9,026
		9,325	8,268	9,129
		8,212	7,596	11,443
		8,878	8,851	12,257
		9,601	7,168	13,408
	średnia	9,053	8,211	11,053
B	pomiar	10,862	11,383	5,406
		9,687	10,762	4,932
		9,439	9,825	3,075
		10,535	10,778	3,734
		8,424	11,461	4,432
	średnia	9,789	10,842	4,316
C	pomiar	11,016	6,786	12,367
		12,027	6,912	12,614
		10,214	5,209	11,291
		11,689	7,672	12,083
		10,846	6,583	12,169
	średnia	11,158	6,632	12,105

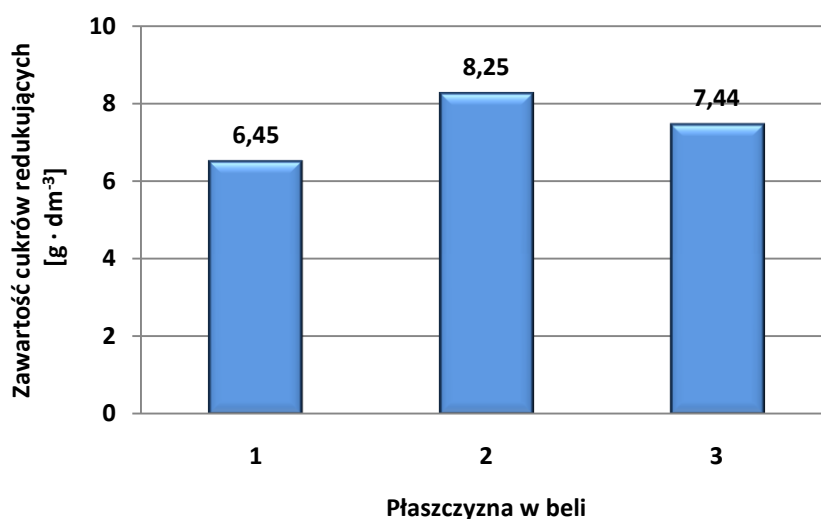
Na rysunku 40 przedstawiono histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu W 1 w płaszczyźnie pionowej beli (próba kontrolna). Materiał roślinny charakteryzuje się zróżnicowaniem pod względem zawartości cukrów redukujących w płaszczyźnie pomiarowej pionowej (punkty 1 – 3). Zawartość oznaczanych cukrów dla kontroli nie różniła się statystycznie istotnie.



Rysunek 40. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 1 (próba kontrolna) w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).

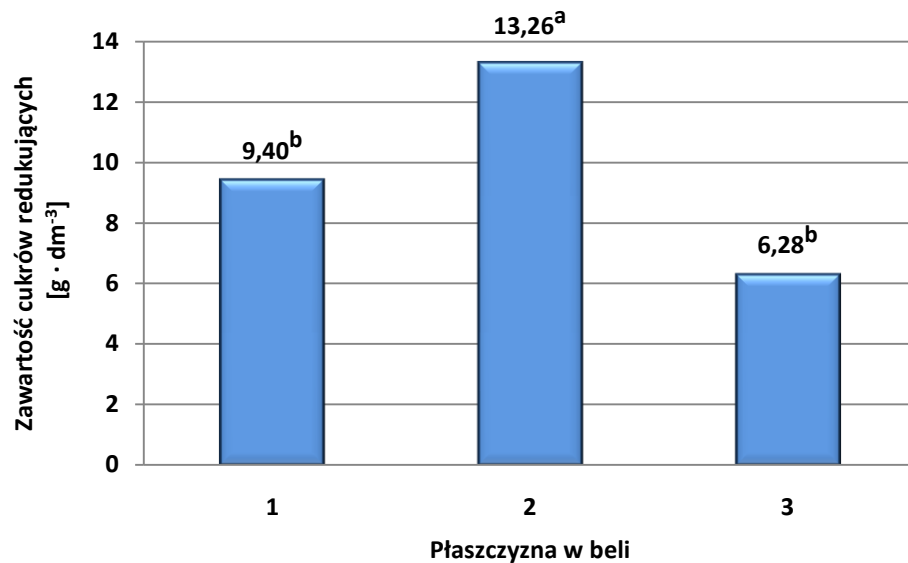
Źródło: Opracowanie własne.

Jak wynika z rysunków rozmieszczenia cukrów redukujących w płaszczyznach pomiarowych pionowych (rys. 41 – 43) największa koncentracja tego składnika wystąpiła w punkcie 2, czyli środkowej części beli (dla wariantów: W 2, W 3, W 4). Na podstawie rysunku 42 ($l_m = 453$ mm, melasa aplikowana przed zespołem tnącym – wariant W 3) stwierdzono istotne różnice pomiędzy płaszczyznami pomiarowymi 1, 3 a płaszczyzną 2. W zielonce z wariantu W 4 stwierdzono istotne różnice pomiędzy płaszczyznami 2 a 3. Wskazuje to na zróżnicowanie ilości podawanego roztworu melasy przez aplikator oraz prawdopodobny wpływ współczynnika nierównomierności rozkładu poprzecznego CV. W zielonce wariantu W 5 ($l_m = 178$ mm, melasa aplikowana przed zespołem tnącym – rys. 44) zaobserwowano zjawisko odwrotne – w punktach pomiarowych 1 i 3 występowała najwyższa zawartość cukrów redukujących, odpowiednio $10,0 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $9,158 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Zarówno w zielonce wariantu W 2 jak i W 5 pomimo rozbieżności w zawartości cukrów redukujących w punktach pomiarowych analiza statystyczna nie wykazała różnic.



Rysunek 41. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 2 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).

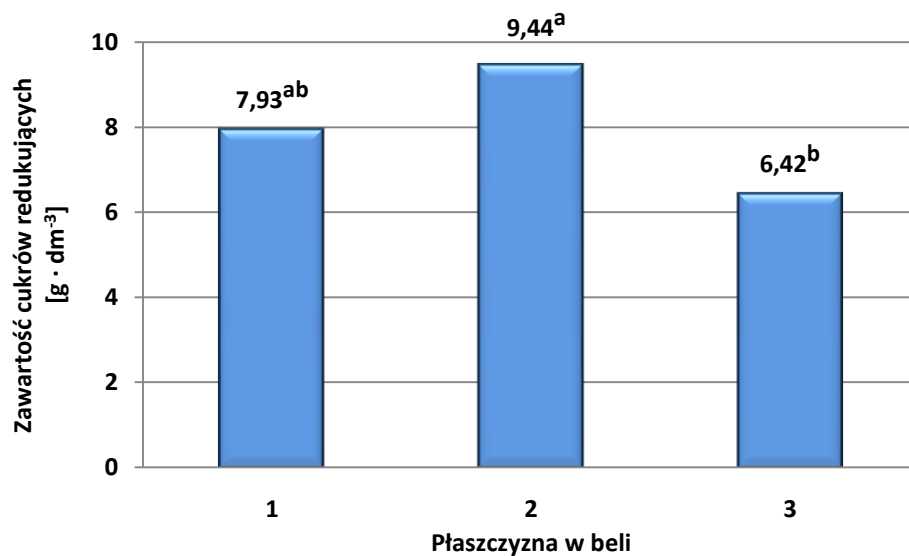
Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 42. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 3 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).

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

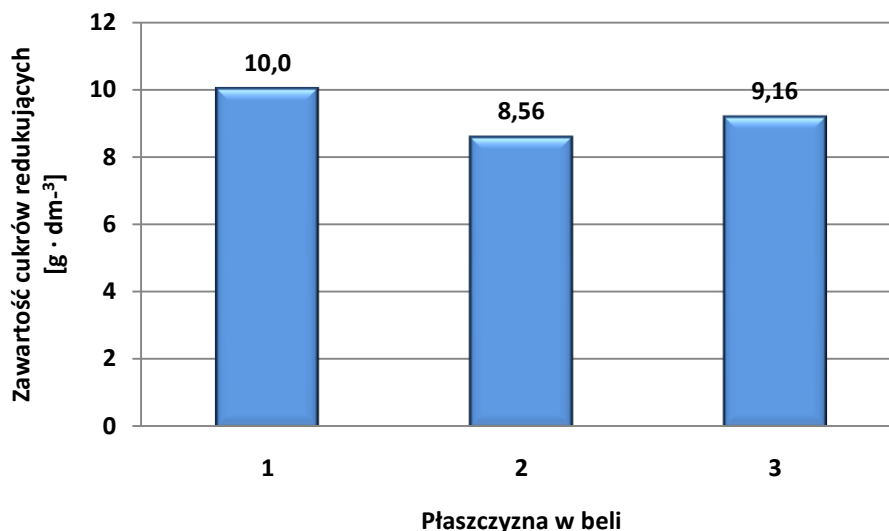
Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 43. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 4 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).

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

Źródło: Opracowanie własne.

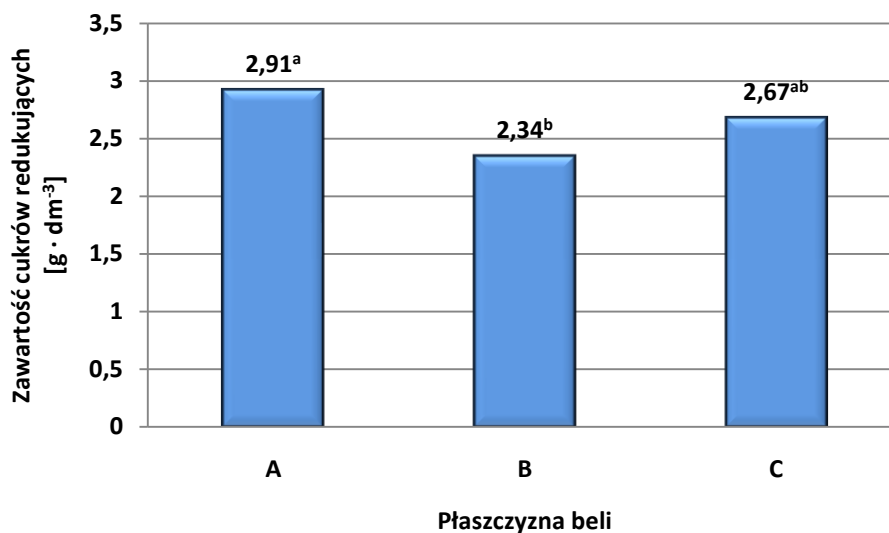


Rysunek 44. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 5 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).

Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunkach od 45 do 49 przedstawiono histogramy rozkładu cukrów redukujących w płaszczyznach poziomych. W zielonce kontrolnej (wariant W 1) stwierdzono istotne statystycznie różnice w zawartości cukrów redukujących pomiędzy płaszczyzną A i B (rys. 45). Takie rozmieszczenie cukrów może mieć związek z luźno uformowanym rdzeniem bel, a w konsekwencji mniejszą koncentracją tego składnika w rdzeniu. W zielonce z całych roślin z melasą aplikowaną na wał zielonki (wariant W 2) nie stwierdzono różnic statystycznych pomiędzy płaszczyznami A i C (rys. 46). Płaszczyzna pozioma B różniła się istotnie statystycznie od pozostałych i w punktach pomiarowych tam się znajdujących stwierdzono średnio największą zawartość cukrów redukujących. Dla płaszczyzn poziomych w belach zielonki wariantu W 3 (zielonka niepocięta z melasą aplikowaną na wał – rys. 47) największą średnią zawartość cukrów redukujących odnotowano w płaszczyźnie C, która wynosiła $11,965 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Nie różniła się ona statystycznie istotnie od płaszczyzny B. Istotne różnice stwierdzono pomiędzy płaszczyznami A i C. Z histogramu rozkładu cukrów redukujących dla bel wariantu W 4 (rys. 48) wynika, że największa koncentracja tych cukrów występuje w punktach pomiarowych płaszczyzny C ($9,684 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) i różniła się istotnie statystycznie od płaszczyzny B ($6,281 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$). Zawartość cukrów redukujących w zielonce z pociętych roślin z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym (wariant W 5) nie wykazała różnic istotnych statystycznie (rys. 49). Najmniejszą ilość roztworu

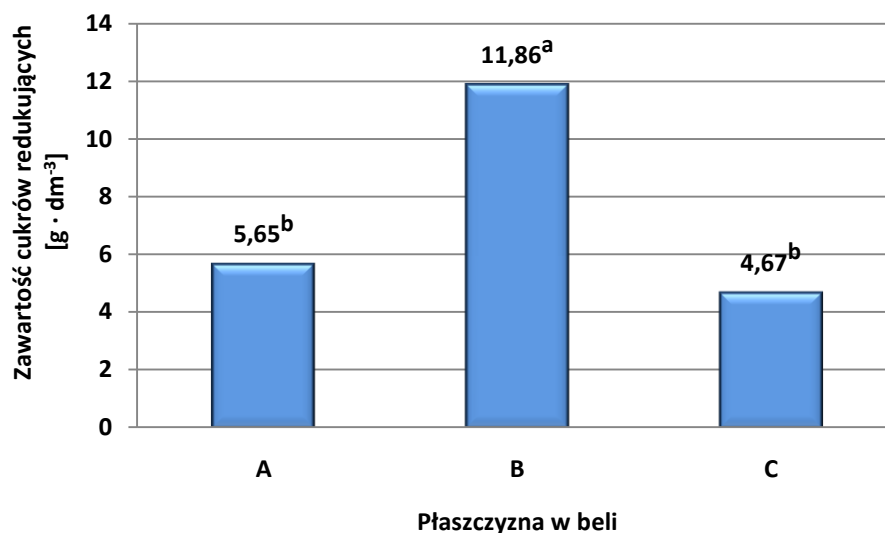
dla tego wariantu można zaobserwować w płaszczyźnie B, gdzie występuje najmniejsze zagęszczenie zielonki w belach.



Rysunek 45. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 1 (próba kontrolna) w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).

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

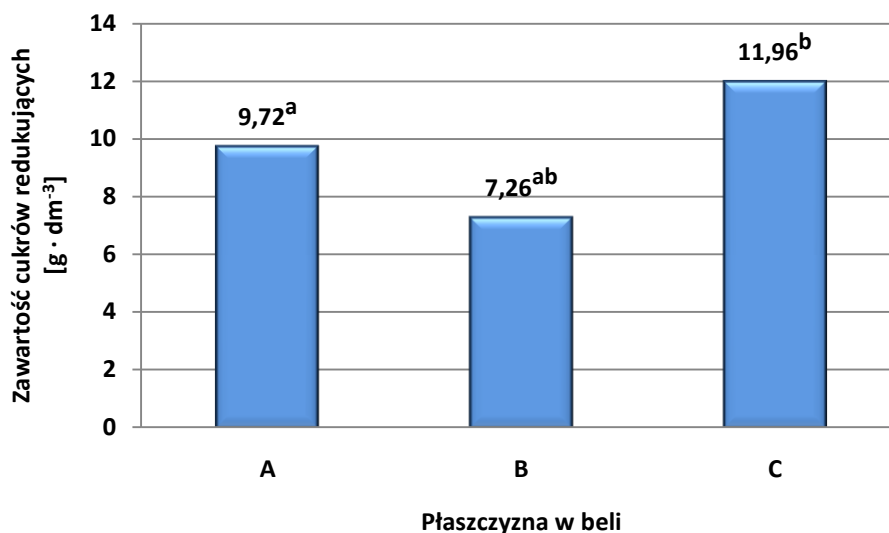
Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 46. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 2 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).

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

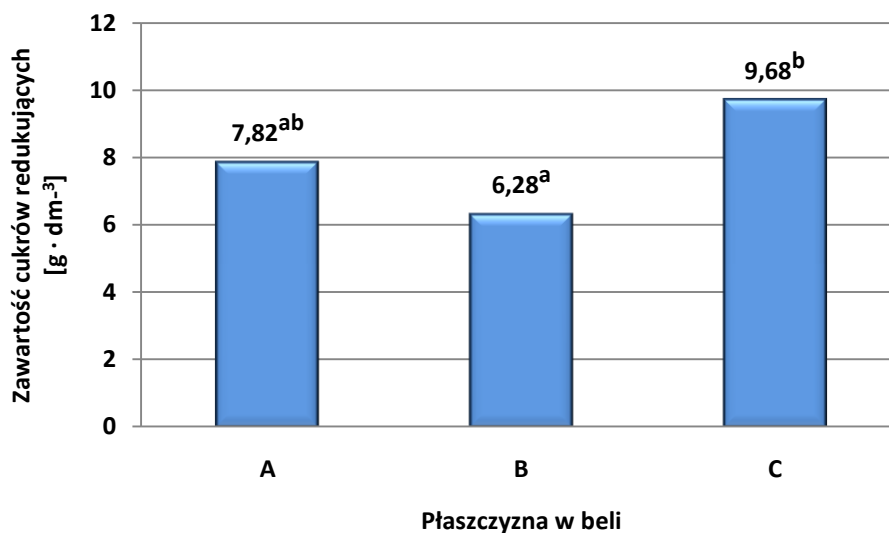
Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 47. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 3 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).

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

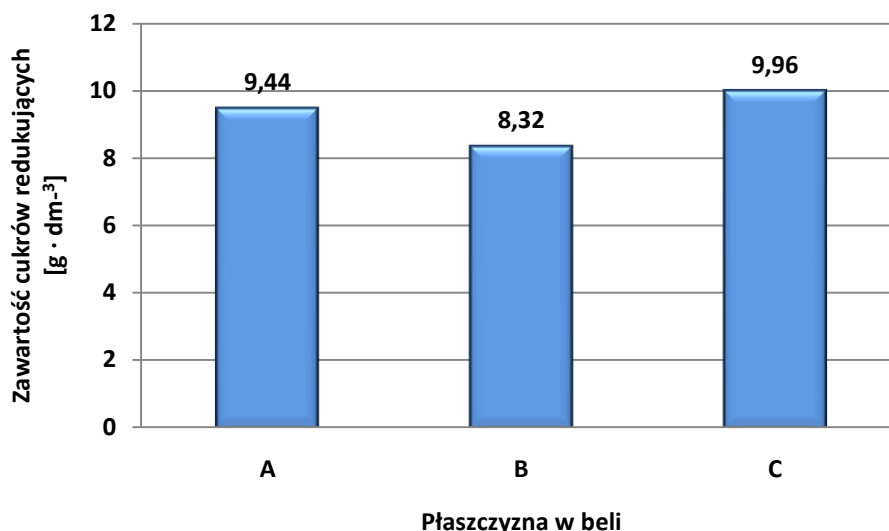
Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 48. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 4 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).

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

Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 49. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 5 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że proces formowania beli wpływa na rozmieszczenie w niej roztworu melasy. Największe zawartości oznaczonych cukrów redukujących stwierdzono w środkowej części bel (rys. 41 – 43). Wskazuje to na koncentrację roztworu w osi beli. Czynnikiem sprzyjającym takiemu rozkładowi roztworu może być nierównomierność rozkładu poprzecznego melasy charakteryzowana współczynnikiem CV. Rozmieszczenie melasy w płaszczyźnie poziomej (rys. 46 – 49) wynikać może z nierównomierności uformowania wałów zielonki na powierzchni pola lub przemieszczania się melasy po wprowadzeniu zielonki do komory prasowania. Ponadto może występować przemieszczanie się melasy w czasie okresowego pozostawienia bel na polu do momentu ich zbioru, owinięcia folią i składowania.

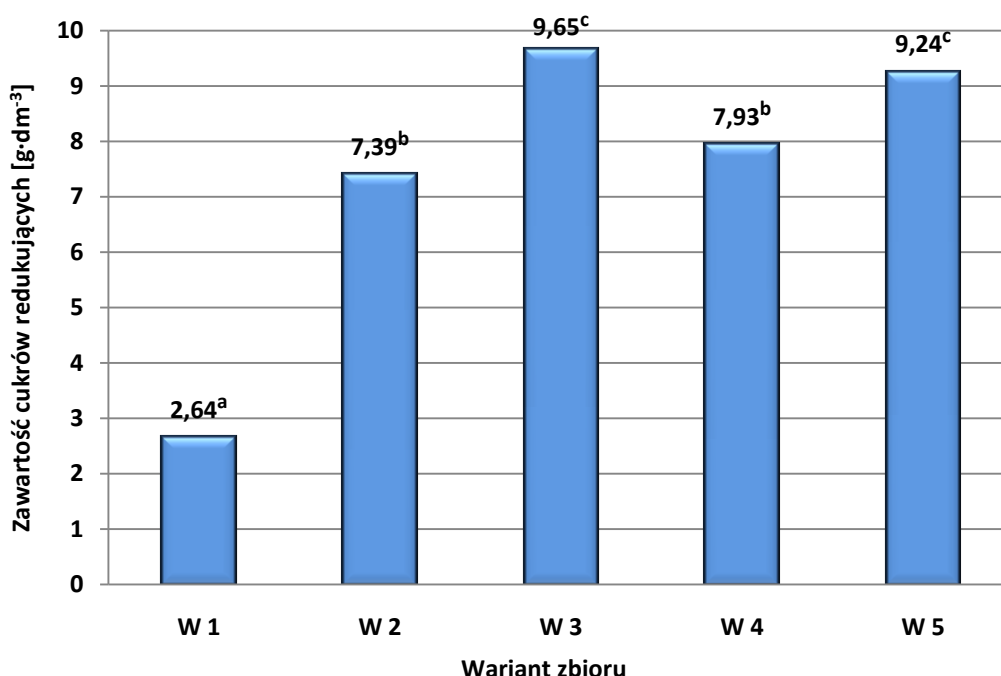
Uzyskane ilości cukrów redukujących w poszczególnych belach oraz współczynniki zmienności przedstawia tabela 7. Rozkład cukrów redukujących przedstawiono w postaci histogramu na rysunku 50.

Tabela 7. Zawartość cukrów redukujących oznaczona w belach

Rodzaj beli	Średnia zawartość cukrów redukujących w belach [g·dm ⁻³]	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności dla zawartości cukrów K [%]
W 1*	2,641	0,547	20,7
W 2	7,392	4,512	61,0
W 3	9,649	4,635	48,0
W 4	7,930	2,978	37,6
W 5	9,240	2,545	27,5

* próba kontrolna bez dodatku melasy.

Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 50. Histogram średniej zawartości cukrów redukujących w pobranych próbach zielonki w zależności od wariantu zbioru.

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

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie współczynnika zmienności K można stwierdzić, że materiał roślinny wykazywał się niejednorodnością pod względem zawartości cukrów redukujących w miejscach pobierania prób z beli. Współczynnik zmienności dla bel kontrolnych (wariant zbioru W 1) wyniósł 20,7 % i w porównaniu do pozostałych bel był najniższy. Analizując bele, do których aplikowano melasę podczas zbioru prasą zwijającą najwyższy współczynnik K odnotowano w belach z wariantu W 2 (z materiałem

nierozdrobnionym, melasa aplikowana przed podbieraczem na wał zielonki), który wyniósł 61 %. Wyraźne zmniejszenie nierównomierności wymieszania melasy z zielonką uzyskano dla bel z wariantów W 3 i W 4 – odpowiednio 48 % i 37,6 %. Najlepsze wymieszanie melasy z zielonką na poziomie 27,5 % uzyskano w belach wariantu W 5 (zielonka rozdrobniona, melasa aplikowana przed zespołem tnącym).

Analizując histogram średniej zawartości cukrów redukujących w belach (rys. 50) można również stwierdzić, w którym wariancie zbioru zielonki powstają największe straty melasy podczas aplikacji. Z histogramu wynika, że najmniejsze straty melasy wystąpiły podczas zbioru zielonki z całych roślin i aplikacją melasy przed zespołem tnącym. Największe występują podczas aplikacji melasy na wał zielonki przed podbieraczem bez rozdrabniania roślin. Straty te ilościowo nie zostały określone.

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic zawartości cukrów redukujących w badanych wariantach zbioru materiału roślinnego z dodatkiem melasy.

Na podstawie badań i analiz uzyskanych wyników można stwierdzić, że miejsce aplikacji melasy i struktura zielonki zbieranej prasą zwijającą wpływają na rozmieszczenie melasy w beli oraz na straty tego dodatku. W badanych warunkach współczynnik zmienności K wahał się od 27,5 % w przypadku aplikacji melasy przed zespołem tnącym z jednoczesnym rozdrabnianiem roślin, aż do 61 % podczas aplikacji melasy przed podbieraczem z wyłączonym zespołem tnącym. Wynika to stąd, że zielonka za podbieraczem jest najbardziej rozluźniona (duża powierzchnia kontaktu zielonki z melasą), a załączony zespół tnący wspomaga mieszanie się melasy z zielonką.

Analizując histogram zawartości cukrów redukujących można stwierdzić, że najmniejsze straty melasy powstają podczas jej aplikacji przed zespołem tnącym. Związane jest to z tym, że melasa która nie osadza się na materiale roślinnym opada na zespoły robocze prasy, gdzie kolejne partie przesuwającego się materiału zabierają ją ze sobą. W przypadku aplikacji melasy na wał (pokos) zielonki znaczna jej część przedostaje się do gleby poprzez luźno uformowany wał lub pod wpływem różnicy wynikającej z szerokości pracy rozpylacza i szerokości wału materiału roślinnego. Jak podają Kaszkowiak i Dulcet [2000] straty ciekłego preparatu podczas aplikacji przed podbieraczem mogą przekraczać 30 %. Tak wysokie straty przyczyniają się do obniżenia skuteczności działania melasy i zwiększenia nakładów na produkcję kiszonki.

Przeprowadzone badania i ich analiza wykazują, że melasę należy aplikować przed zespołem tnącym (jeśli konstrukcja prasy zwijającej na to pozwala) stosując jednocześnie rozdrabnianie zbieranego materiału.

5.4. Analiza jakości i składu chemicznego uzyskanej sianokiszonki

Dla oceny wpływu procesu aplikacji melasy do zielonki na jej jakość przeprowadzono analizę zawartości kwasów tłuszczowych w oparciu o skalę Fliega – Zimmera. Z punktów A – E (rys. 36) pobrano próbki do określenia zawartości kwasów tłuszczowych, pH oraz składu chemicznego sianokiszonki, na podstawie którego obliczono:

- energię metaboliczną (EM),
- energię netto laktacji (NEL),
- białko ogólne dostępne w jelicie (nBO),
- bilans azotu żwaczowego (BNŻ).

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach 8, 9 i 10. W oparciu o dane przedstawione w tabeli 9 wykonano histogramy zawartości popiołu surowego (PS), białka ogólnego (BO) i włókna surowego (WS), które przedstawiono na rysunkach 51 – 53.

Tabela 8. Wartości wybranych parametrów składu chemicznego:

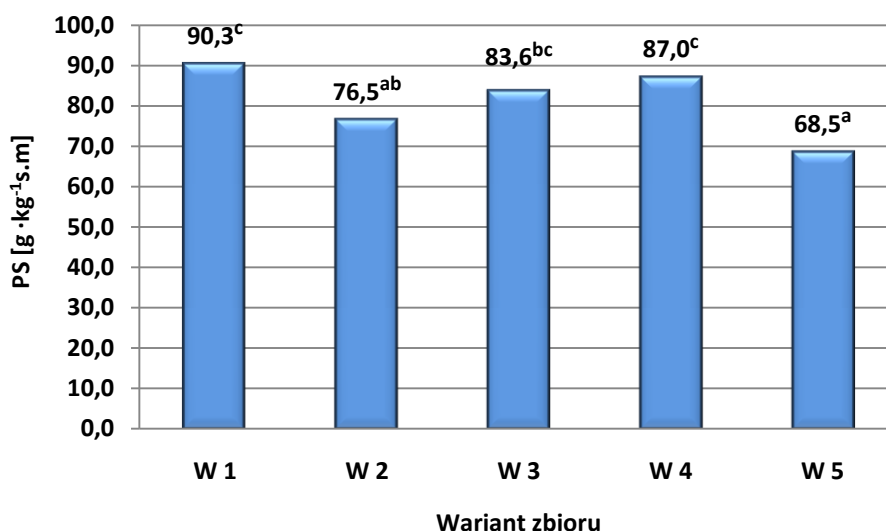
Wyszczególnienie		Popiół surowy PS	Białko ogólne BO	Włókno surowe WS
		[g · kg ⁻¹ s.m]		
W 1*	A	86,7	154,9	287,9
	B	88,9	161,2	290,1
	C	100,0	162,2	277,1
	D	84,7	150,8	284,7
	E	91,2	155,5	293,2
	średnia	90,3	156,9	286,6
W 2	A	68,9	159,8	285,9
	B	71,5	173,4	284,3
	C	82,7	171,2	281,2
	D	81,8	168,0	263,9
	E	77,5	155,9	275,2
	średnia	76,5	165,7	278,1
W 3	A	96,0	180,1	249,9
	B	82,0	163,4	267,5
	C	79,2	171,7	269,7
	D	84,2	152,0	293,5
	E	76,7	154,6	272,7
	średnia	83,6	164,4	270,7
W 4	A	89,3	181,8	274,1
	B	87,4	185,5	277,4
	C	88,3	179,9	281,3
	D	80,4	181,0	270,2
	E	89,5	181,5	294,9
	średnia	87,0	181,4	279,6
W 5	A	68,5	179,8	295,6
	B	65,9	178,6	270,4
	C	66,7	176,7	272,0
	D	72,7	190,7	182,3
	E	68,5	172,6	252,3
	średnia	68,5	179,7	254,5

*próba kontrolna bez dodatku melasy.

Źródło: Opracowanie własne.

Zawartość popiołu surowego (rys. 51) mieściła się w zakresie od 68,5 g·kg⁻¹s.m (dla wariantu zbioru W 5) do 90,3 g·kg⁻¹s.m (dla sianokiszonki kontrolnej W 1). Wartości te wskazują, że kiszonka nie była zanieczyszczona ziemią, gdyż dopuszczalna zawartość popiołu surowego w dobrych kiszonkach nie powinna przekraczać 10%

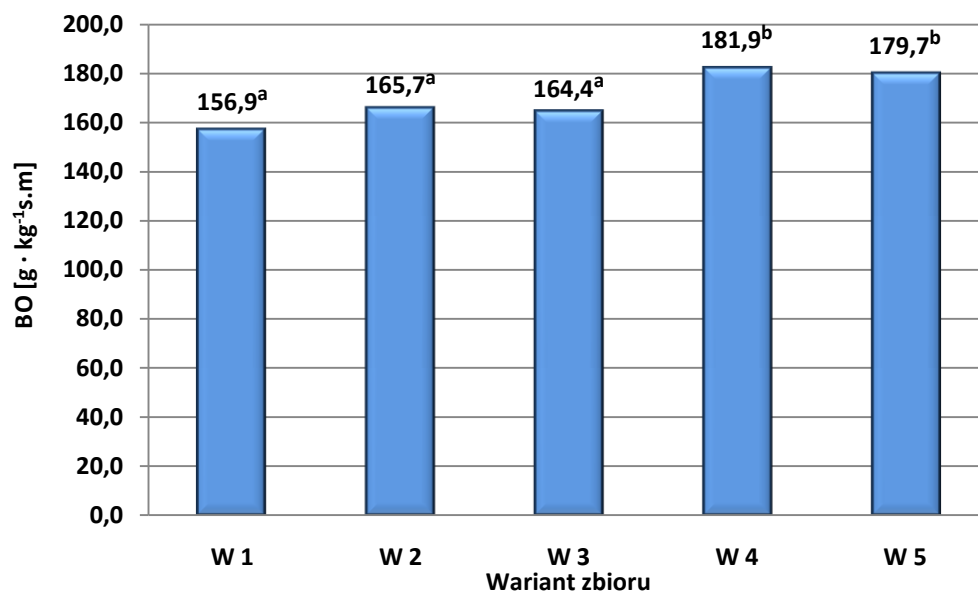
w suchej masie [McDonald i in., 1991]. Najwięcej białka ogólnego (rys. 52) stwierdzono w kiszonkach z pociętej masy roślinnej z dodatkiem melasy (W 4, W 5) – odpowiednio $181,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m}$ i $179,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m}$. Wartości te różniły się istotnie od rezultatów uzyskanych w pozostałych kiszonkach, w których było mniej tego składnika pokarmowego o 7% do 13%. Koncentracja włókna surowego (rys. 53) w analizowanych kiszonkach nie przekraczała $300 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{s.m}$. Najwięcej było go w kiszonce kontrolnej, a najmniej w kiszonce sporządzonej z pociętej biomasy z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym (wariant zbioru W 5) oraz w kiszonce z surowca niepociętego z melasą zadawaną przed zespołem tnącym (wariant zbioru W 3). Uzyskane wyniki nie różniły się istotnie statystycznie.



Rysunek 51. Histogram zawartości popiołu surowego (PS) w sianokiszonkach uzyskanych z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.

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

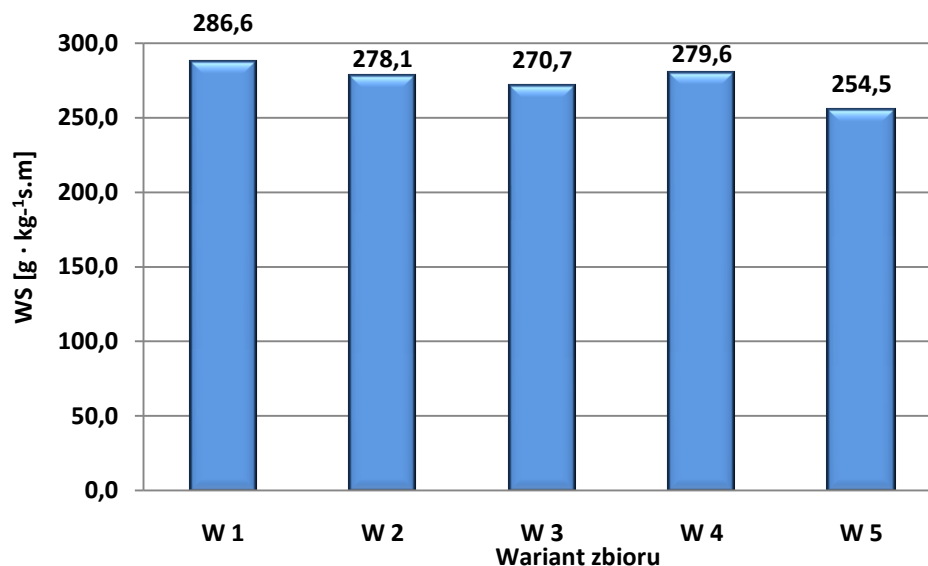
Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 52. Histogram zawartości białka ogólnego (BO) w sianokiszonkach uzyskanych z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.

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

Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 53. Histogram zawartości włókna surowego (WS) w sianokiszonkach uzyskanych z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.

Źródło: Opracowanie własne.

W tabeli 9 przedstawiono ocenę jakości oraz wartość pH uzyskanych sianokiszonek.

Tabela 9. Ocena jakości sianokiszonki według skali Fliega – Zimmera:

Wyszczególnienie		pH	Kwasy [g·kg ⁻¹ ·s.m]			Ocena wg skali Fliga - Zimmera	
			mlekowy	octowy	masłowy	punktowa	jakościowa
W 1*	A	5,53	31,02	3,72	nie wykryto	100	bardzo bobra
	B		29,6	3,53			
	C		27,41	3,02			
	D		30,03	3,27			
	E		30,78	3,51			
	średnia		29,82	3,41			
W 2	A	5,46	42,49	2,33		100	
	B		44,94	2,43			
	C		49,96	1,99			
	D		48,03	2,4			
	E		48,85	2,19			
	średnia		46,85	2,27			
W 3	A	5,45	44,81	2,27		100	
	B		44,34	2,16			
	C		43,99	2,46			
	D		44,52	2,3			
	E		44,26	2,52			
	średnia		44,39	2,34			
W 4	A	5,43	49,65	2,48		100	
	B		53,96	3,01			
	C		48,02	2,55			
	D		50,05	2,86			
	E		51,97	2,68			
	średnia		50,73	2,71			
W 5	A	5,46	55,01	1,59		100	
	B		53,8	1,54			
	C		54,21	1,62			
	D		55,66	1,63			
	E		54,63	1,59			
	średnia		54,66	1,59			

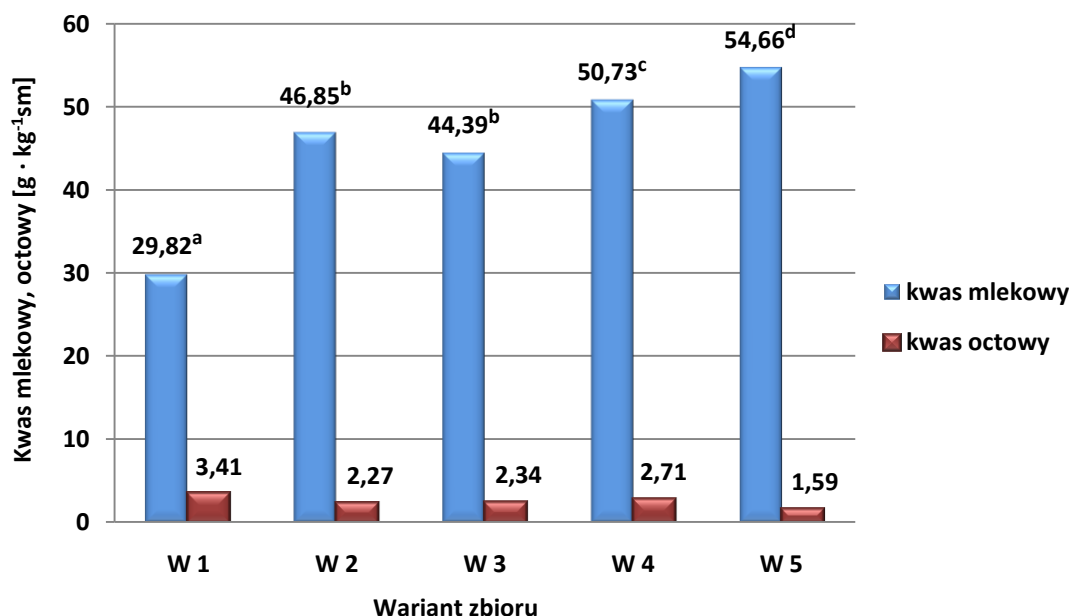
*próba kontrolna bez dodatku melasy.

Źródło: Opracowanie własne.

Wartość pH badanych sianokiszonek kształtowała się na poziomie 5,43 – 5,53 i była charakterystyczna dla pasz konserwowanych o wysokiej zawartości suchej masy wynoszącej ponad 600 g·kg⁻¹ świeżej masy [McDonald i in.,1991]. Różnice nie były

istotne statystycznie. Miejsce aplikacji melasy oraz rozdrobnienie zakiszanego surowca nie miały wpływu na ten parametr.

Wszystkie badane sianokiszonce poddane ocenie jakości wg skali Fliega – Zimmera uzyskały maksymalną ilość punktów – 100, co pozwala sklasyfikować je jako bardzo dobre. Ze względu na zróżnicowanie zawartości kwasu mlekowego w sianokiszonce parametr ten poddano analizie statystycznej. Najwyższa zawartość kwasu mlekowego w ilości $54,66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m}$ występowała w sianokiszonce sporządzonej z roślin rozdrobnionych z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym (rys. 54). Pasza ta różniła się istotnie statystycznie od pozostałych wariantów. Najmniej tego kwasu stwierdzono w sianokiszonce kontrolnej (bez dodatku melasy) – $29,82 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m}$, co różniło ją istotnie statystycznie od innych ocenianych pasz. W badaniach przeprowadzonych przez Tjandraatmadjai in. [1994] dodatek melasy w zakresie od 4 % do 8 % zwiększył zawartość kwasu mlekowego natomiast zmniejszyła się ilość pozostałych kwasów tłuszczowych. Badania przeprowadzono w silosach laboratoryjnych. Zawartość kwasu octowego nie różniła się statystycznie istotnie w rozpatrywanych paszach. W analizowanych wariantach sianokiszoncek nie stwierdzono obecności kwasu masłowego, co świadczy o właściwym kierunku przebiegu procesu fermentacji.



Rysunek 54. Histogram zawartości kwasu mlekowego i octowego w sianokiszonce uzyskanej z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.

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

Źródło: Opracowanie własne.

W tabeli 10 przedstawiono wybrane parametry uzyskanych sianokiszonek obliczone w oparciu o skład chemiczny.

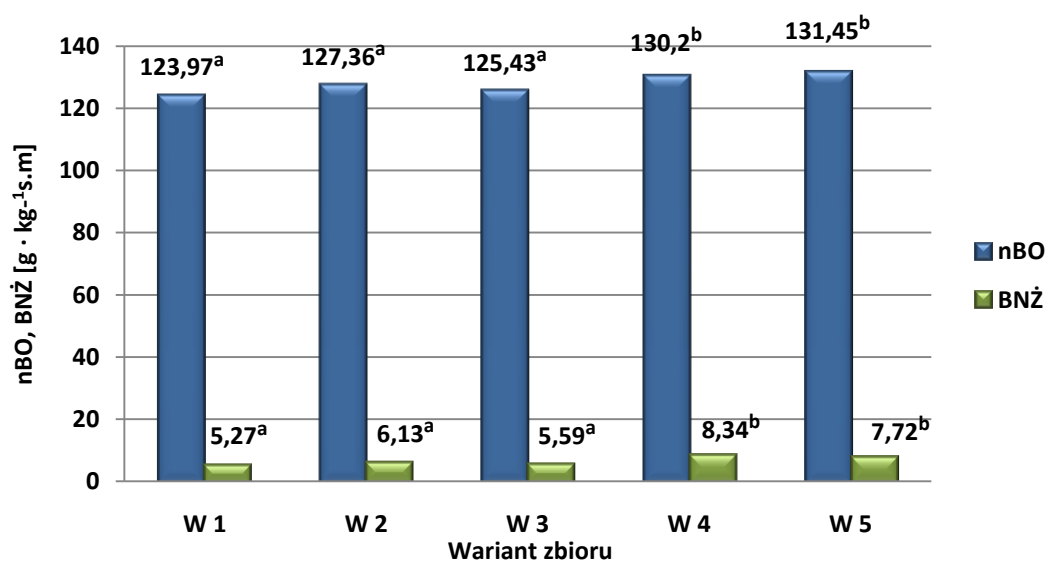
Tabela 10. Wartości wybranych parametrów obliczone w oparciu o skład chemiczny sianokiszonki:

Wyszczególnienie	Energia metaboliczna EM	Energia netto laktacji NEL	Białko ogólne dostępne w jelicie nBO	Bilans azotu żwaczowego BNŻ
	[MJ · kg ⁻¹ s.m]		[g · kg ⁻¹ s.m]	
W 1*	8,67	5,02	123,97	5,27
W 2	8,82	5,11	127,36	6,13
W 3	8,74	5,06	125,43	5,59
W 4	8,77	5,07	130,20	8,34
W 5	8,94	5,16	131,45	7,72

*próba kontrolna bez dodatku melasy.

Źródło: Opracowanie własne.

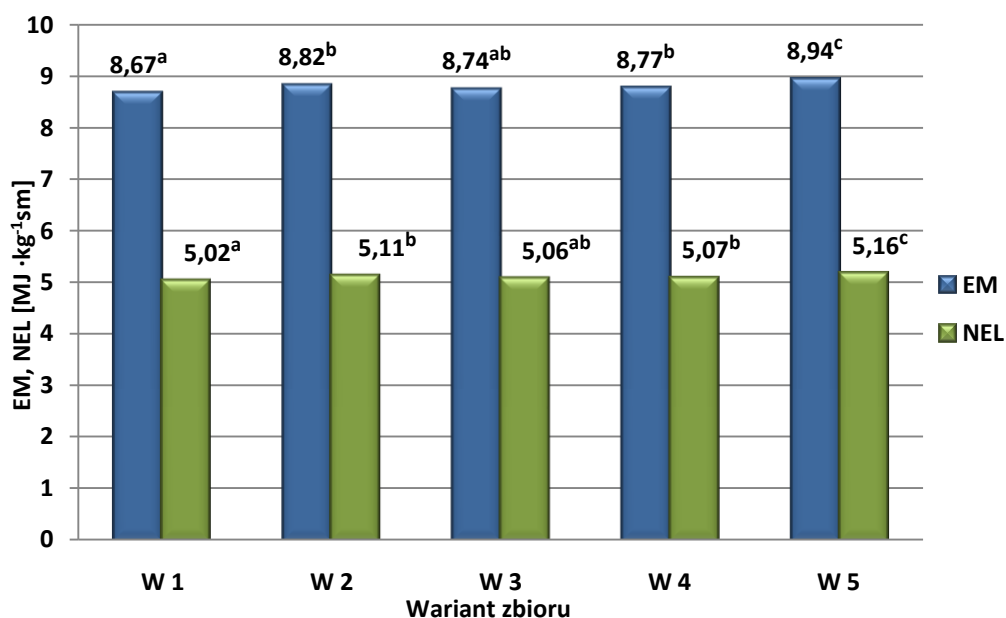
Koncentracja białka ogólnego dostępnego w jelicie cienkim (nBO – rys. 55) mieściła się w zakresie od 123,97 g·kg⁻¹s.m (wariant zbioru W 1) do 131,45 g·kg⁻¹s.m (wariant zbioru W 5). Koncentracja nBO w kiszonkach z koniczyny, w zależności od fazy wzrostu wynosi od 128 g·kg⁻¹s.m do 137 g·kg⁻¹s.m (Praca zbiorowa, 1997). Bilans azotu żwaczowego (BNŻ) świadczący o zrównoważeniu białka i energii w paszy był dodatni i kształtował się na poziomie od 5,27 g·kg⁻¹s.m (dla kiszonki kontrolnej – W 1) do 8,34 g·kg⁻¹s.m (dla kiszonki z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym, l_m = 178 mm – W 4). Parametr ten wskazuje na nadmiar białka, a niedobór energii w badanych kiszonkach. Dodatek melasy nie spowodował zrównoważenia BNŻ. Jednak zauważono tendencję do jego zmniejszenia. Normatywny poziom BNŻ w kiszonkach z koniczyny czerwonej z trawami kształtuje się w zakresie od -3 g·kg⁻¹s.m do 1 g·kg⁻¹s.m w zależności od fazy wzrostu roślin [Praca zbiorowa, 1997]. Uzyskane wyniki na podstawie tabel DLG wskazują, że otrzymana pasza pod względem energetycznym znajdowała się w klasie „średnia”. Najwyższą zawartością energii metabolicznej (EM) i energii netto laktacji (NEL) charakteryzowała się pasza z roślin rozdrobnionych z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym (rys. 56). Zawartość energii w tej sianokiszonce różniła się istotnie statystycznie od pozostałych wariantów.



Rysunek 55. Histogram zawartości białka ogólnego dostępnego w jelicie (nBO) oraz bilansu azotu żwaczowego (BNŻ) w sianokiszonce uzyskanej z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.

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

Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 56. Histogram zawartości energii metabolicznej (EM) i energii netto laktacji (NEL) w sianokiszonce uzyskanej z poszczególnych wariantów zbioru.

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

Źródło: Opracowanie własne.

6. Podsumowanie wyników badań

Produkcja sianokiszonek na potrzeby żywieniowe zwierząt, ze względu na liczne zalety (łatwość porcjowania, uniezależnienie się od warunków atmosferycznych itp.) jest często stosowana w gospodarstwach konwencjonalnych i ekologicznych, bez względu na areal. Przeprowadzona analiza stanu wiedzy w literaturze przedmiotu oraz dotychczasowych wyników badań, wskazuje na znaczne luki podjętej problematyki, które wymagają uzupełnienia. W przypadku stosowania melasy jako dodatku do zakiszania odczuwalny jest brak opisu i wpływu podstawowych czynników decydujących o technice jej aplikacji do podsuszanej zielonki w prasie zwijającej na jakość uzyskanej paszy. Na trudności związane z aplikacją melasy zwrócili już uwagę Baytok i in. [2005], Podkowska [1979] oraz Dulcet [2001]. Opublikowane dotychczas wyniki badań dotyczą głównie wpływu melasy na jakość uzyskanych kiszonek [Aksu i in., 2006; Chen i in., 2014; Qamar Bilal, 2009; Hashemzadeh – Cigari i in., 2011; Petit i Veira.,1994; Leibensperger i in., 1988; Tjandraatmadja i in.,1994], a nieliczne badania dotyczące aplikacji melasy obejmowały technologie zbioru zielonki przy użyciu sieczkarni polowej [Pieper i in., 2006]. Brak znajomości tego tematu uniemożliwia opracowanie skutecznej techniki aplikacji melasy do zielonek w czasie ich zbioru prasą zwijającą, która zapewniłaby efektywne działanie melasy w procesie kiszenia zielonek, a w konsekwencji uzyskania pasz wysokiej jakości. Występujące luki w temacie powodują, że cenny surowiec jakim jest melasa, wykorzystywany jest rzadko [Dulcet, 2005; <http://www.polski-cukier.pl/plik,564,wyslodki-i-melasa-doskonaly-pokarm-dla-zwierzat.pdf>, 2015]. Dla gospodarstw, szczególnie ekologicznych, praktyczna wiedza związana z wykorzystaniem melasy to szansa na poprawę ich funkcjonowania.

Podczas „tworzenia” nowych rozwiązań związanych z produkcją pasz w obrębie gospodarstwa należy pamiętać aby były stosunkowo tanie i zapewniały zadowalające efekty. Tylko wówczas zostaną wdrożone do praktyki, a tym samym stworzą możliwość dalszych badań i opracowań naukowych.

W niniejszej pracy przedstawiono badania nad możliwością wykorzystania melasy (jako produktu ubocznego) w produkcji konserwowanych pasz zielonych w belach cylindrycznych owiniętych folią, gdzie wiodącą maszyną jest prasa zwijająca. Dokonano analizy wpływu głównych czynników decydujących o technice aplikacji melasy do zielonek zbieranych prasą zwijającą na jakość uzyskanej sianokiszonki.

Czynnikami tymi były: miejsce aplikacji melasy do zielonki (czynnik technologiczny) oraz długość materiału roślinnego (czynnik eksploatacyjny prasy zwijającej).

Przeprowadzone badania wskazały na możliwość ograniczenia wody jako rozcieńczalnika melasy, która znacznie zwiększała ilość stosowanego roztworu, podwyższając tym samym wilgotność zielonki. Ponadto ustalono, które analizowane czynniki i w jakim stopniu wpływają na jakość uzyskanej paszy, którą oceniano w oparciu o skalę Fliega – Zimmera.

Uzyskane wyniki badań przyczyniają się do rozszerzenia wiedzy z zakresu techniki aplikacji melasy do zielonek przeznaczonych do zakiszania. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na sformułowanie wniosków, które w przyszłości mogą być przydatne zarówno dla dalszych badań naukowych w zakresie tematyki pracy, jak również praktyki rolniczej, w przemyśle maszyn rolniczych, a także dla użytkowników stosujących technologie produkcji sianokiszonek w belach cylindrycznych owiniętych folią.

Analizowany w pracy proces aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą na tym etapie może być wdrożony do praktyki, jednak wymaga ciągłego udoskonalenia i prowadzenia dalszych badań w tym zakresie, o czym piszą również inni autorzy [Dulcet, Kwiatkowski, 2002; Chen i in., 2014, 2015; Jamróz i in., 2001; Pieper i in., 2006].

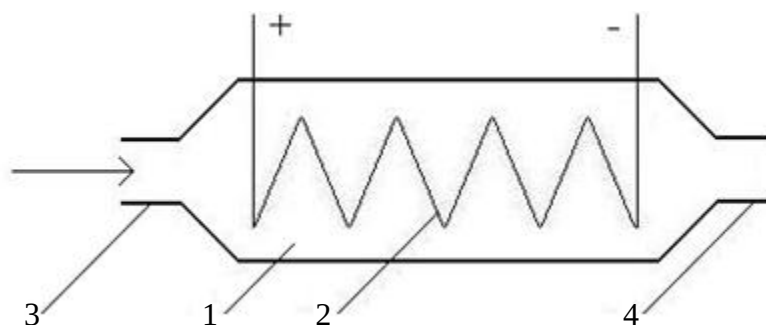
Perspektywy dalszych badań obejmują m.in.:

- opracowanie techniki aplikacji melasy bez dodatku wody poprzez podgrzanie jej w warunkach polowych lub zastosowanie dodatku enzymatycznego zmniejszającego lepkość melasy,
- optymalizację ilości dodawanej melasy do zielonki w czasie zbioru, umożliwi to zminimalizować koszty związane z pozyskaniem melasy przez gospodarstwo,
- automatyzację procesu aplikacji melasy do zbieranych zielonek prasami zwijającymi, pozwoli przyspieszyć i znacznie usprawnić proces zbioru zielonki,
- wykorzystanie innych surowców roślinnych (szczególnie wysokobiałkowych) do produkcji kiszonek w belach cylindrycznych owiniętych folią z dodatkiem melasy.

Na potrzeby realizowanych badań opracowano własną technikę oznaczania melasy, pozwalającą w szybki i bezpieczny sposób określić jej ilość w próbce. Dotychczasowe metody nie pozwalają na oznaczenie melasy bezpośrednio po zbiorze roślin lub są

trudne w stosowaniu i pozostawiają paszę nienadającą do skarmiania [Maskowa i in., 1980; Wartenberg, 1991; Dulcet, 2001].

W ramach prowadzonego tematy badań skonstruowano przepływowy podgrzewacz cieczy lepkich zwłaszcza melasy dozowanej w czasie zbioru materiału roślinnego przeznaczonego do zakiszania oraz do paszy treściwej (rys. 55) . Podgrzewacz składa się z dwóch podstawowych elementów: cylindrycznej komory podgrzewającej 1 z króćcami 3 i 4 oraz grzałki 2. Ukształtowanie komory pozwala na swobodny przepływ melasy, a zmniejszenie prędkości jej przepływu sprzyja lepszej wymianie ciepła pomiędzy grzałką a melasą. Na chwilę obecną podgrzewacz jest w fazie badań. Konstrukcja podgrzewacza została objęta prawem ochronnym na wzór użytkowy nr W.122648 z dnia 13.12.2013 r., którego autor rozprawy jest twórcą.



Rysunek 57. Przepływowy podgrzewacz cieczy lepkich, zwłaszcza melasy: 1 – komora podgrzewająca, 2 – grzałka, 3 – króciec wlotowy, 4 – króciec wylotowy.

Źródło: Opracowanie własne.

Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz stwierdzono, że parametry zbioru podsuszanej zielonki oraz dodatek melasy pozwalają uzyskać kiszonkę dobrej jakości. Na podstawie przeprowadzonej analizy uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Rozcieńczenie melasy wodą w stosunku wagowym 7 : 1 oraz umieszczenie dyszy TK 10 na wysokości 0,32 m nad opryskiwanym obiektem umożliwia rozpylenie roztworu melasy na szerokość 1,2 m, czyli szerokość komory zwijania prasy zwijającej.
2. Poprzez rozdrobnienia roślin do długości 178 mm uzyskano o 12 % większe zagęszczenie bel w porównaniu z belami formowanymi z całych roślin o długości 453 mm.
3. Największą średnią zawartością cukrów redukujących charakteryzowały się bele zielonki uzyskanej z całych i rozdrobnionych roślin z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym, odpowiednio: $9,65 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $9,24 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$, co zostało potwierdzone statystycznie. Na podstawie tych wartości można stwierdzić, że na ilość cukrów redukujących w belach wpływa miejsce aplikacji melasy.
4. Najniższą wartość współczynnika zmienności (nierównomierność wymieszania melasy z zielonką) zawartości cukrów redukujących wynoszącą 27,5 % uzyskano dla bel zielonki z roślin rozdrobnionych z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym.
5. Największą koncentracja cukrów redukujących w płaszczyźnie pionowej uzyskano w punkcie 2 (środkowa część beli) dla sianokiszonki w wariantach zbioru W 2, W 3, W 4. Zaobserwowano istotne różnice statystyczne ($p \leq 0,05$) zawartości tego składnika w belach z wariantów W 3 i W 4. W punktach pomiarowych bel pozostałych wariantów zbioru pomimo różnic w zawartości cukrów redukujących nie stwierdzono różnic statystycznych.

6. W sianokiszonce z całych roślin z melasą aplikowaną na wał zielonki nie stwierdzono różnic statystycznych pomiędzy płaszczyznami poziomymi A i C. Płaszczyzna pozioma B różniła się istotnie statystycznie od pozostałych i w punktach pomiarowych tam się znajdujących stwierdzono średnio największą zawartość cukrów redukujących wynoszącą $11,86 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Dla płaszczyzn poziomych w beli sianokiszonki z całych roślin z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym największą średnią zawartość cukrów redukujących odnotowano w płaszczyźnie C i wynosiła ona $11,965 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Nie różniła się ona statystycznie istotnie od płaszczyzny B. Istotne różnice stwierdzono pomiędzy płaszczyznami A i C. Z histogramu rozkładu cukrów redukujących dla bel wariantu zbioru W 4 wynika, że największa koncentracja tych cukrów występuje w punktach pomiarowych płaszczyzny C ($9,684 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) i różniła się istotnie statystycznie od płaszczyzny B ($6,281 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$). Zawartość cukrów redukujących w sianokiszonce w belach wariantu W 5 nie wykazała różnic istotnych statystycznie. Najmniejszą ilość roztworu można zaobserwować w płaszczyźnie B, gdzie występuje najmniejsze zagęszczenie zielonki w beli.

7. Wszystkie badane sianokiszonki uzyskały maksymalną liczbę punktów i sklasyfikowano je jako bardzo dobre (wg skali Fliega – Zimmera). Najwyższą zawartością kwasu mlekowego potwierdzoną statystycznie charakteryzowała się sianokiszonce z roślin rozdrobnionych z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym.

8. Rozdrabnianie roślin istotnie wpłynęło na zwiększenie zawartości białka ogólnego dostępnego w jelicie (nBO) i bilans azotu żwaczowego (BNŻ) w sianokiszonce, bez względu na miejsce aplikacji melasy do zielonki podczas zbioru prasą zwijającą.

9. Rozdrabnianie roślin i aplikacja melasy przed zespołem tnącym prasy zwijającej ma istotny wpływ na zwiększenie zawartości energii metabolicznej (EM) i energii netto laktacji (NEL) w sianokiszonce.

10. Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz można stwierdzić, że miejsce aplikacji melasy oraz rozdrobnienie roślin w czasie zbioru zielonki prasą zwijającą wpływają istotnie na uzyskanie kiszonki dobrej jakości.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań i analiz wpływu wybranych parametrów procesu aplikacji melasy do zielonki podczas jej zbioru prasą zbijającą, których efektem było określenie jakości uzyskanej paszy. W analizie uwzględniono czynniki technologiczne oraz eksploatacyjne prasy zwijającej. Badania zostały podzielone na dwa etapy: badania wstępne (laboratoryjne i polowe) i właściwe (polowe). Podczas badań wstępnych określono m.in. parametry zbioru zielonki oraz parametry aplikacji (szerokość pracy rozpylacza, odległość dyszy od materiału roślinnego, masowe natężenie wypływu melasy z rozpylacza oraz lepkość dynamiczną melasy). W badaniach laboratoryjnych określono wpływ temperatury na lepkość dynamiczną oraz nierównomierność rozkładu poprzecznego melasy. Otrzymane wyniki wskazują jednoznacznie, że temperatura wywiera znaczny wpływ na obniżenie lepkości dynamicznej melasy, powoduje zmniejszenie nierównomierności rozkładu poprzecznego oraz zwiększenie szerokości pracy rozpylacza. Po podgrzaniu melasy od temperatury 22 °C do 40 °C jej lepkość zmniejszyła się z $1535 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot 10^{-3}$ do $325 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot 10^{-3}$. Zadowalające efekty parametrów aplikacji uzyskano dla melasy o temperaturze od 36 – 40 °C. W dalszych badaniach rozcieńczano melasę wodą do uzyskania lepkości z przedziału temperatur podanych powyżej. Ostatecznie uzyskano roztwór melasy z wodą w stosunku 7 : 1 i w takiej proporcji wykorzystano w badaniach właściwych. Melasę stosowano w ilości 5 % suchej masy zielonki.

Dokonano analizy możliwości zamocowania dyszy aplikatora w prasie wykorzystanej do badań. Przyjęto następujące miejsca aplikacji melasy podczas zbioru prasą zwijającą:

- przed podbieraczem (na wał zielonki),
- za podbieraczem (przed zespołem tnącym).

W badaniach właściwych określano wpływ procesu aplikacji melasy na jej rozkład w beli oraz jakość uzyskanej sianokiszonki. Zakiszany surowcem była mieszanka koniczyny czerwonej z życicą trwałą, która charakteryzowała się średnią zawartością suchej masy na poziomie 65 %.

Oznaczenie ilości oraz rozkładu melasy w beli wykonano w oparciu o zawartość cukrów redukujących w punktach pomiarowych wyznaczając jednocześnie współczynnik zmienności K zawartości tych cukrów w badanych wariantach zbioru zielonki. Stwierdzono, że najlepsze wymieszanie melasy z zielonką występuje w paszy

z roślin rozdrobnionych z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym. Najwyższą zawartością melasy charakteryzowała się zielonka, do której aplikowano melasę za podbieraczem bez względu na długość roślin.

Oceny jakości sianokiszonki dokonano w oparciu o skalę Fliega – Zimmera. Wszystkie analizowane paszy otrzymały maksymalną liczbę punktów i sklasyfikowano je jako bardzo dobre. Najwyższą zawartość kwasu mlekowego w ilości $54,66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m}$ stwierdzono w sianokiszonce z roślin rozdrobnionych z melasą aplikowaną przed zespołem tnącym. Wartość pH ocenianych pasz kształtowała się na poziomie od 5,43 do 5,53 i była charakterystyczna dla konserwowanych pasz o zawartości suchej masy ponad $600 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m}$. Stwierdzono, że na zawartość kwasu mlekowego w sianokiszonce wpływa zarówno rozdrobnienie roślin jak i miejsce aplikacji melasy do zielonki w czasie zbioru prasą zwijającą.

Słowa kluczowe: jakość pasz konserwowanych, melasa, prasa zwijająca, rozkład poprzeczny, sianokiszonka.

Abstract

The paper presents the results of research and analysis of the impact of selected parameters the application process of molasses in green fodder during harvesting by baler. In the last stage of the study, defined feed quality.

The analysis included technological and operating factors of a round baler. The research was divided into two phases: preliminary research (laboratory and field) and appropriate (field). The preliminary research included specified parameters of harvestin of green fodder and application parameters (working width of atomizer, nozzle distance from the plant material, mass flow of molasses from atomizer and dynamic viscosity of molasses). In laboratory studies was defined the influence of temperature on dynamic viscosity and unevenness distribution of molasses. The results obtained show unambiguously that the temperature has a significant influence on reducing the dynamic viscosity of molasses, reduces the uneven distribution of molasses and increases the working width of atomizer. Heating molasses from 22 °C to 40 °C reduces the viscosity from $1535 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot 10^{-3}$ to $325 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot 10^{-3}$. Best application parameters have molasses a temperature of about 36 - 40 ° C. In the following tests molasses were diluted to a viscosity in the range of temperatures given above. Finally was achieved water solution of molasses = 7: 1 and in such proportion were used for the appropriate research. Molasses used in the amount of 5% of dry matter of fodder.

In the studies were used two place of applications molasses at harvest baler:

- before pick-up (the shaft of fodder),
- behind pick-up (before cutting unit).

In the appropriate studies were determined the influence of the applications process of molasses on her distribution in the bale and the quality of the haylage. Haylaged material was a mixture of red clover and perennial ryegrass, which was characterized by an average dry matter content about 65%.

Determine the amount and distribution of molasses in the bale performed based on the content of reducing sugars in measuring points. Were determined also the coefficient of variation K reducing sugar content in the tested variants harvesting of fodder. It has been found that the best mixing molasses with green fodder is in feed from cuted plants with molasses applied before cutting unit. The highest content of molasses characterized green fodder which were applied molasses behind pick-up no matter how long were plants.

Assess the quality of haylage made on the basis of the scale Fliege – Zimmer. All the analyzed feed received the maximum number of points and they were classified as very good. The highest content of lactic acid about 54,66 g·kg⁻¹s.m were found in haylaged from cuted plants with molasses applied before cutting unit.

The pH of the fodder was between 5,43 - 5,53 and was characteristic of canned feed in dry matter content of more than 600 g·kg⁻¹s.m. It was found that the content of lactic acid in the haylaged depends from fragmentation of plants and place of applications molasses.

Key words: quality of conserved feed, molasses, round baler, haylage.

Bibliografia

1. AG – BAG News. Magazyn informacyjny technologii AG – BAG. (2008).
2. Amours, L., Savoie, P. (2005). Density profile of corn silage in bunker silos. *Canadian Biosystems Engineering* (47), s. 221-228.
3. Ashbell, G., Weinberg, Z., Hen, Y., Filya, I. (2002). The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol* 28(5), s. 261-263.
4. Banasiak, J., Detyna, J., Hutnik, E., Szewczyk, A., Zimny, L. (1999). *Agrotechnologia*. Warszawa – Wrocław: PWN.
5. Baskay, G., Mezes, M., Komlosnerosz, S. (1999). Improving the quality of silages using sil-all biological preservative. *Nutr. Abstr. Rev.* , s. 670.
6. Baytok, E., Aksum, T., Karsli, A., Muruz, H. (2005). The Effects of Formic Acid, Molasses and Inoculant as Silage Additives on Corn Silage Composition and Ruminal Fermentation Characteristics in Sheep. *Turk J Vet Animal Science* (29), s. 469-474.
7. Biłowski, J. (1986). *Sprawozdanie z międzynarodowej konferencji nt.: Zbiór, uprawa i konserwacja pasz objętościowych* Warszawa: IBMER XLII/1313. s. 1-23.
8. Błaszkiwicz, Z. (2001). *Mechanizacja rolnictwa. Narzędzia i maszyny rolnicze*. Poznań: Wydawnictwo Akademii rolniczej.
9. Bodarski, R., Wartecki, T., Kowalik, T. (2005). Wpływ chemicznych dodatków na skład chemiczny, jakość i tlenową trwałość kisonki z całych roślin kukurydzy. *Pamiętnik Puławski* (140), s. 7-14.
10. Bolsen, K. (1999). Silage management in North America in the 1990s. *Proc. of the 15th. Annual Symposium. Nottingham, UK*, s. 233-244.
11. Borowski, S. (2010). Analysis of distribution of additives in round bales of moist hay. *Journal of Polish Cimac* , 5 (3), s. 9-12.
12. Borowski, S. (2009). Ocena jakości rozprowadzenia dodatków w paszach objętościowych. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* (3), s. 13-15.
13. Borowski, S. (2009). Ocena jakości rozprowadzenia dodatków w paszach objętościowych. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* (3).
14. Borowski, S., Dulcet, E. (2011). Aplikacja dodatków do pasz w aspekcie jakości uzyskanej żywności. *Inż. Ap. Chem.* , 50 (2), s. 30-31.

15. Borowski, S., Doroszewski, P., Kaszkowiak, J., Dulcet, E., Mikołajczak, J. (2013). Application of the additives which increase the biogas production in the context of improvement of the biogas production process. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* , 58 (2), s. 21-24.
16. Borowski, S., Dulcet, E., Zastempowski, M. (2011). Analiza rozmieszczenia preparatu mikrobiologicznego w belach wilgotnego siana zbieranego prasą zwijającą. *Inżynieria Rolnicza* , 5 (130), s. 23-30.
17. Brzóska, F., Wantuch, M., Sala, K., Pieszka. (1996). Wpływ konserwantów typu soli kwasów karboksylowych na skład chemiczny i żwaczową rozkładalność suchej masy kiszzonek z koniczyny czerwonej i liści buraków cukrowych. *Rocz. Nauk. Zoot.* 23(2), s. 215-230.
18. Bujaczek, R., Dulcet, E. (2010). Zespoły tnące w prasach zwijających. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* (4), s. 5-7.
19. Chachułowa, J., Skomiał, J., [red]. (1997). *Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo*. Warszawa: SGGW.
20. Chen, L., Guo, G., Yuan, X., Shimojo, M., Yu, C., Shao. (2014). Effect of Applying Molasses and Propionic Acid on Fermentation Quality and Aerobic Stability of Total Mixed Ration Silage Prepared with Whole-plant Corn in Tibet. *Asian-Australas J Anim Sci.* , 27 (3), s. 349-356.
21. Chen, L., Guo, G., Yuan, X., Zhang, J., Li, J., Shao, T. (2015). *Effects of applying molasses, lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and in vitro gas production of total mixed ration silage prepared with oat-common vetch intercrop on the Tibetan Plateau*. Pobrano z lokalizacji <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25996908#> 28.05.2015.
22. Chlebowski, J., Gach, S. Kowalski, P. (2006). Analiza możliwości zakiszania surowców roślinnych w rękawach foliowych. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* , 9-10. s. 16-20.
23. Cleale, R., Firkins, L., Van der Beek, F., Clark, J., Jaster, E., McCoy, G. (1990). Effect of inoculation of whole plant corn forage with *Pedococcus acidilactici* and *Lactobacillus xylosus* . *J.Dairy Sci.* , s. 711-718.
24. Colzani, G., Santorio, G. (1981). Contributo alla realizzazione di un dosatore di prodooti chimici integrativi e conservativi per falcia – trincia - caricatrici. *Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola, Roma* , s. 1-41.
25. Davies, D. (2010). Silage inoculants – where next? *Conference Proceedings 14th Symposium Forage Conservation*, Brno, Czech Republic. s. 32-39.

26. Davies, Z., Gilbert, R., Merry, R., Kell, D., Theodorou, M., Griffith, G. (2000). Efficient improvement of silage additives by using genetic algorithms. *Applied Environmental Microbiology* , 66 (4), s. 1435–1443.
27. Dmitrewski, J., Gach, S. (1999a). Analiza rozwiązań konstrukcyjnych owijarek do bel przeznaczonych do kiszenia. Cz. 1. Maszyny do owijania pojedynczych bel. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* (10). s. 2-7.
28. Dmitrewski, J., Gach, S. (1999b). Analiza rozwiązań konstrukcyjnych owijarek do bel przeznaczonych do kiszenia. Cz. 2. Maszyny do grupowego owijania bel. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* (11). s. 3-5.
29. Doleżał, P., Pyrochta, V., Doleżał, J. (2005). Effects of chemical preservative and pressing of ensiledsugar-beet pulp on the quality of fermentation process. *Czech J. Anim. Sci.* (12), s. 553-560.
30. Dorszewski, P. (2009). *Efektywność stosowania dodatków kiszonkarskich w konserwacji zielonek z mieszanki motylkowo-trawiastej oraz całych roślin kukurydzy*. Rozprawy Nr 136. Bydgoszcz.
31. Dorszewski, P., Grabowicz, M., [red]. Grela, E. (2010). *Kiszenie pasz i dodatki kiszonkarskie. [W:] Biochemia i biotechnologia w produkcji rolniczej*. Warszawa: PWRiL.
32. Dulcet, E. (2010). Aplikacja dodatków ułatwiających konserwację pasz w rolnictwie ekologicznym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 55(3), s. 61-64.
33. Dulcet, E. (2001a). Mixing Assessment and Loss of Additives in a Forage Harvester. *J. agric. Engng Res.* , s. 275-282.
34. Dulcet, E. (2001b). *Nowoczesne techniki zbioru zielonek i metody ich zakiszania*. Bydgoszcz: Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej.
35. Dulcet, E. (2005). *Słodkie kiszonki*. Rolniczy Przegląd Techniczny 7-8, s. 32-33.
36. Dulcet, E. (2001c). Quality Assesment of the Mixing if Vegetable with Additives in a Forage Harvester. *J. Agric. Engeng Res* 79(3), s. 275-282.
37. Dulcet, E. (1998). Wie flüssige Präparate im Aufsammelhacksler zudosieren. *Landtechnik* (4), s. 272.
38. Dulcet, E. (1996). *Jakość procesu mieszania ciekłego konserwantu z zielonką w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą*. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rozprawy 71.

39. Dulcet, E., Borowski, S. (2003). Analiza kształtowania się temperatury w belach uzyskanych z siana, także z dodatkiem preparatu ciekłego. *Technica Agraria*, s. 37-46.
40. Dulcet, E., Borowski, S. (2003a). Prasy zwijające z urządzeniami tnącymi. *Technika Rolnicza* (6), s. 40-42.
41. Dulcet, E., Borowski, S. (2003b). Urządzenia tnące w prasach zwijających. *Rolniczy Przegląd Techniczny* (3), s. 34-35.
42. Dulcet, E., Bujaczek, R. (2012). Aplikatory konserwantów – montaż i regulacje. *Rolniczy Przegląd Techniczny* 5(159), s. 30-31.
43. Dulcet, E., Fleszar, J. [red]. (2009). *Technologia prac maszynowych w rolnictwie ekologicznym*. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej.
44. Dulcet, E., Kaszkowiak, J. (2000). Aplikatory konserwantów. *Top Agrar Polska*, s. 140-141.
45. Dulcet, E. Kwiatkowski, M. (2002). Dozowanie melasy do zakiszanych roślin. *Top Agrar Polska*, 4, s. 140-141.
46. Dulcet, E., Woropay, M. (2000). Analysis of liquid additive loss when applied to green forage in a forage harvester. *Applied Engineering in Agriculture* 2000 , 16 (6), s. 653-656.
47. Dulcet, E., Borowski, S., Kaszkowiak, J., Bujaczek, R. (2010). Technika aplikacji dodatków ułatwiających konserwację pasz w rolnictwie ekologicznym. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* , s. 39-40.
48. Dulcet, E., Jarmocik, E., Mójta, K., Ziętara, W. (2000). *Maszyny i urządzenia w technice rolniczej*. Bydgoszcz Akademi Techniczno-Rolniczej: Wydawnictwo Uczelniane .
49. Dulcet, E., Kaszkowiak, J., Borowski, S., Mikołajczak, J. (2006). Effects of Microbiological Additive on Baled Wet Hay. *Biosystems Engineering* 95(3), s. 379-384.
50. Dulcet, E., Mikołajczak, J., Olszewski, T. (2002). *Technika zastosowania konserwantów przy zbiorze wilgotnego siana*. Wydawnictwo Uczelniane ATR w Bydgoszczy.
51. Dulcet, E., Woropay, M., Kaszkowiak, J. (2000). Effect on silage quality o moisture content in a baled crop with morphological and enzymatic additives during harvesting. *Proc. of the Agricultural Engineering into the Third Millennium. Ag Eng*. University of Warwick, UK, s. 87-88.

52. Filya, I. (2003). The effect of *Lactobacillus buchneri*, with and without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Appl. Microbiol.* 95(5), s. 1080-1086.
53. Fuerll, C., Schemel, H., Koeppen, D. (2008). Principles for measuring density in silages. *Landtechnik*, 63 (2), s. 94-95.
54. Gach, S., Kostyra, K. (2011a). Analiza pras zwijających w świetle parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych. Część 1. Prasy stałokomorowe. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* (1), s. 18-19
55. Gach, S., Kostyra, K. (2011b). Analiza pras zwijających w świetle parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych. Część 2. Prasy zmiennokomorowe. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* (2), s. 23-25
56. Gach, S., Korpysz, K., Ivanov, S., Skonieczny, I. (2008). Tendencje w rozwoju konstrukcji owijarek do bel podsuszonej zielonki. *Technika Rolnicza Leśna Ogrodnicza* (3), s. 7-10
57. Gajtkowski, A. (2000). *Technika ochrony roślin*. Poznań: Wydawnictwo AR.
58. Gaworski, M. (2009). Techniczne aspekty produkcji sianokiszonki w balotach. *Hodowca bydła* (4).
59. Ghose, T. (1987). Measurement of cellulase activities. *Pure and Applied Chemistry* vol. 59(2), s. 257-268.
60. Goliński, P. (2008). Aktualne trendy w technologiach produkcji roślinnych surowców paszowych. *Pamiętnik Puławski* (147), s. 67-82.
61. Grochowicz, J., Siwiło, R. (1978). Metoda i technika utrwalania wilgotnego ziarna ciekłymi konserwantami. *Postępy Nauk Rolniczych* (3), s. 61-74.
62. Han, K., McCormick, M., Derouen, S., Blouin, D. (2014). Bale Location Effects on Nutritive Value and Fermentation Characteristics of Annual Ryegrass Bale Stored in In-line Wrapping Silage. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 27 (9), s. 1276-1284.
63. Hashemzadeh-Cigari F., Khorvash M., Ghorbani G. R., Taghizadeh A. (2011). The effects of wilting, molasses and inoculants on the fermentation quality and nutritive value of lucerne silage. *South African Journal of Animal Science*, 41 (4) s. 377-388.
64. Henderson, N. (1993). Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45 (1), s. 35-56.

65. Holzer, M., Mayrhuber, E., Danner, H., Braun, R. (2003). The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. *Trends in Biotechnology*, 21 (6), s. 282-287.
66. Honig, H. (1990). *Evaluation of aerobic stability*. W: S. Lindgren, K. Lunden Petterson (red.) *Grovfoder Grass and Forage Reports, Spec. issue 3*, s. 76-82.
67. Instrukcja obsługi owijarki Z-552.
68. Jamróz, D., Podkówka, W., Chachułowa, J., [red]. (2001). *Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Paszoznawstwo*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
69. Jarmocik, E. (2007). *Maszyny i narzędzia rolnicze*. Bydgoszcz: Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy.
70. Jeroch, H., Lipiec, A. (2012). *Pasze i dodatki paszowe*. Warszawa: Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
71. Kanafojski, C. (1980). *Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom 2, część I*. Warszawa: PWRiL.
72. Kaszkowiak, J. (2014). Technique of application of additives facilitating silaging of plant materials used for production of biogas. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 59(1), s. 52-54.
73. Kaszkowiak, J. (2000). Zanieczyszczenie środowiska preparatami chemicznymi podczas zbioru zielonek na kiszonki prasą zwijającą. *II Forum Młodych Problemy Naukowe w Budowie i Eksploatacji Maszyn*, Bydgoszcz - Borówno. s. 141-146.
74. Kaszkowiak, J., Borowski, S., Dulcet, E. (2011). Silage of feeds in coated tank - a method to recommend for use in organic farming. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* , 58 (2), s. 61-64.
75. Kaszkowiak, J., Dulcet, E., Borowski, S. (2007). Ocena nierównomierności aplikacji preparatów konserwujących przez urządzenia dozujące. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* (1), s. 64-65.
76. Kaszkowiak, J., Dulcet, E. (2000). Straty preparatu w czasie aplikacji do zielonki w prasie zwijającej. *Inżynieria Rolnicza* , 8 (19), s. 95-101.
77. Kaszkowiak, J., Dulcet, E., Dorszewski, P. (2005). Wpływ techniki zbioru zielonki prasą zwijającą z dodatkiem konserwantu na jakość otrzymanej sianokiszonki. *Polskie Towarzystwo Agronomiczne* , 9 (05), s. 77-78.
78. Keles, G., O'Kiely, P., Lenehan, J., Forristal, P. (2009). Conservation Characteristics of Baled Grass Silages Differing in Duration of Wilting, Bale

- Density and Number of Layers of Plastic Stretch-Film. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* , 48 (1), s. 21-34.
79. Keller, T., Matthias, J., Kamphues, J. (1997). Beratung von Pressen - Silagen-Verfahrenstechnik, Silagequalität und ökonomische Bewertung. *Übersichten zur Tierernährung. Heft 2. DLG-Verlag* , s. 137-135.
80. Keskin, B., Yilmaz, I. (2005). Effects of Urea or Urea plus Molasses Supplementation to Silages with Different Sorghum Varieties Harvested at the Milk Stage on the Quality and In Vitro Dry Matter Digestibility of Silages. *Turk J. Vet. Anim. Sci.* (29), s. 1143-1147.
81. Koch, H., Spiels, M. (1985). Bestimmung der Verleilung ven Beizimitteln auf Saatgetreide mit den Fluoreszenzverteilungstest. *Nachrichtenbl. Deutsche Pflanzenschutz* (37), s. 1987-1990.
82. Koegel, R., Straub, R., Walgenbach, R. (1985). Quantification of mechanical losses in forage harvesting. *Transactions of the ASAE* 28 (4), s. 1047-1051.
83. Korpysz, K., Gach, S. (2011). Właściwości folii stretch stosowanej do osłaniania bel zielonki a jakość uzyskanych kiszzonek. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* , 56 (1), s. 76-81.
84. Kotarska, K., Dziemianowicz, W., Czupryński, B. (2013). Wpływ dodatku stymulatorów na fermentację melasy oraz jakość uzyskiwanego spirytusu. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* (52), s. 54-55.
85. Kuczewski, J., Waszkiewicz, C. (1997). *Mechanizacja rolnictwa. Maszyny i urządzenia do produkcji roślinnej i zwierzęcej*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
86. Kuzmickij, A. (1985). Technologija zakładki senaža i siłosa s wniesnem chemicznych konserwantow. *Sbornik Naucnych Trudow Siel. Białoruska Akad.*, s. 9-12.
87. Leibensperger, R., Pitt, R. (1988). Modeling the Effects of Formic Acid and Molasses on Ensilage. *J. Dairy. Sci.* (71), s. 1220-1231.
88. Lipińska, H., Kornas, R., Stamirowska-Krzaczek, E. L. (2013). Analiza zmian składników powierzchni paszowej i metod konserwacji pasz na tle produkcji mleka. *Annales UMCS sec. E Agricultura* , LXVIII (4), s. 1-9.
89. Marks, N. (2004). *Maszyny rolnicze cz.II*. Kraków: Wydawnictwo Akademi Rolniczej.
90. Maskowa, H., Havelik, J., Lunacek, M., Holubowa, V. (1980). Aplikace koncerwačních pripravku pri vyrobe objemových krmiv. *Zemědělska Technika*, s. 727-734.

91. Materiały firmowe: Casse IH, Kuhn, Krone, Lely, New Holland, Unia Group, Vicon.
92. McCartney, D., Reynolds, S., Frame, J. (2005). Prospects for Haying Systems Around the World. *Food and Agricultural Organization of the United Nations; Enfield, NH : Science Publishers, Inc* , s. 133-157.
93. McDonald, P., Henderson, A., Heron, S. (1991). The biochemistry of silage. *Chalcombe Publication* , s. 340.
94. Mikołajczak, J. (1999). *Nowoczesny chów bydła*. Wydawnictwo Magrol.
95. Mikołajczak, J., Grabowicz, M. (1998). Aktualne zagadnienia stosowania dodatków do zakiszania pasz. *Probl. Post. Nauk Rol.* , s. 285-296.
96. Mills, J., Kung, L. (2002). The effect of delayed ensiling and application of a propionic acid-based additive on the fermentation of barley silage. *J. Dairy Sci.* 85(8), s. 1969-1975.
97. Mirek, A., Pustuła, Z. (2008). Sucha masa z mikrofalówki. *Hoduj z głową bydło* 3(33), s. 42-44.
98. MRiRW. (2010). *Wytyczne w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz zalecanego postępowania z odpadami w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym*. Falenty–Warszawa.
99. Muck, R. (2013). Recent advances in silage microbiology. *Agricultural and Food Science* (22), s. 3-15.
100. Muck, R., Savoie, P., Holmes, B. (2004). Laboratory assessment of bunker silo density, Part I: alfalfa and grass. *Applied Engineering in Agriculture* , 2 (20), s. 157-164.
101. Mühlbach, P. (2000). Additives to improve the silage making process with tropical forages. *Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders. Proceedings of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (s. 151-164).
102. Niwińska, B. (2008). Melasowanie pasz dla bydła. *Hodowca Bydła*, (10), s. 6-8.
103. Nowak, J. (1997). *Analiza i ocena technologii sporządzania kiszonek w formie bel cylindrycznych*. Lublin, AR.
104. Nowak, J., [red]. (2007). Straty polowe w produkcji siana i kiszonek. *Acta Agrophysica* (1).
105. Nowak, J., Przystupa, W. (2014). Maszyny do grupowego owijania bel folią. (1), s. 16-17.

106. O'Brien, M., O'Kiely, P., Forristal, P., Fullerc, H. (2007). Quantification and identification of fungal propagules in well-managed baled grass silage and in normal on-farm produced bales. *Animal Feed Science and Technology* , 132 (3-4), s. 283-297.
107. Pang, H., Tan, Z., Qin, G., Wang, Y., Li, Z., Jin, Q. (2012). Phenotypic and phylogenetic analysis of lactic acid bacteria isolated from forage crops and grasses in the Tibetan Plateau. *J. Microbiol* (50), s. 63-71.
108. Petit, H., Veira, D. (1994). Digestion characteristics of beef steers fed silage and different levels of energy with or without protein supplementation. *J Anim. Sci.* (72), s. 3213-3220.
109. Pieper, B., Poppe, S., Schröder, A. M. (2006). *Moderne Dosiertechnik für Bakterien, Melasse und Silafresh [in:] Tipps zur Herstellung von Topsilagen.* <http://www.dr-pieper.com/file/15.pdf>. (03.2014).
110. Podkówka, W. (1979). *Nowoczesne metody kiszenia pasz.* Warszawa: PWRiL.
111. Podkówka, Z. (1998). Kierunki w produkcji kiszzonek i siana w Europie. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* (462), s. 25-39.
112. Praca zbiorowa. (1983). *Ćwiczenia z żywienia zwierząt i paszoznawstwa.* Poznań: AR.
113. Praca zbiorowa. (1997). *DLG - tabele wartości pokarmowej pasz i norm żywienia przeżuwaczy.* Kusowo: PPH VIT-TRA.
114. Przybył, J. (2008). Przyczepa zbierająca kontra prasa. *Rolniczy Przegląd Techniczny* (7-8).
115. Przybył, J. (2007). Techniki owijania bel cylindrycznych. *Bydło* (64), s. 8-9.
116. Przybył, J., Sęk, T. (2010). *Zbiór zbóż i roślin podobnych technologicznie.* Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego.
117. Purwin, C. (2007). Rozprawy i monografie. Jakość kiszzonek z traw i mieszanek traw z roślinami motylkowymi produkowanych prasami zwijającymi. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.
118. Purwin, C., Minakowski, D. (2009). Jakość kiszzonek - kryteria oceny. *Hodowca bydła. Kiszzonki podstawa żywienia bydła* (3), s. 10-15.
119. Purwin, C., Łaniewska-Trokenheim, Ł., Warmińska-Radyko, I., Tywończuk, J. (2006). Jakość kiszzonek - aspekty mikrobiologiczne, zdrowotne i produkcyjne. *Medycyna Weterynaryjna* 62 (8), s. 865-869.

120. Qamar Bilal, M. (2009). Effect of molasses and corn as silage additives on the characteristics of mott dwarf elephant grass silage at different fermentation periods. *Pakistan Vet. J.* 29 (1), s. 19-23.
121. Radkowski, A., Kuboń, M. (2007). Wpływ technologii zbioru zielonek z użytków zielonych na jakość sporządzonych kiszzonek. *Inżynieria Rolnicza* 7(95), s. 177-182.
122. Rokosz K., Chojnacki J., Hryniewicz T., Zbytek Z., (2014). Corrosion of AISI 304L (EN 1.4307) stainless steel in animal slurry. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* , 59 (1), s. 104-108.
123. Roszkowski, A. (1979). *Mechanizacja zbioru i konserwacji pasz zielonych*. Warszawa: PWRiL.
124. Rotz, A. (2003). How to Maintain Forage Quality during Harvest and Storage. *Advances in Dairy Technology* (15), s. 227-239.
125. Sarwatt, S. (1995). Studies on preservation and evaluation of some tropical forages as silage. Tanzania: PhD Thesis. Sokoine University of Agriculture.
126. Sęk, T., Przybył, J., Dach, J. (2002). *Zbiór i konserwacja zielonek*. Poznań: Wyd. Uczelniane AR .
127. Sęk, T., Przybył, J., Durczak, K. (1997). Urządzenia tnące w prasach do bel wielkogabarytowych. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* (7), s. 2-3.
128. Shinnars, K., Huenink, B., Muck, R., Albrecht, A. (2009). Storage characteristics of large round and square alfalfa bales: Low-moisture wrapped bales. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* vol. 52(2), s. 401-407.
129. Soukup, T. (2012). Zakiszanie ze wspomaganie. *Hodowla i chów bydła* (5), s. 28-31.
130. Sun, Y., Buescher, W., Lin, J., Schulze Lammers, P., Ross, F., Maack, C. (2010). An improved penetrometer technique for determining. *Biosystems Engineering* , s. 273-277.
131. Suterska, A., Zielińska, K., Grzybowski, R., Stecka, K., Miecznikowski, A., Kupryś, M. (2009). Wpływ wybranych szczepów z rodzaju *Lactobacillus* na ograniczenie skażenia pleśniami i ochratozyną kiszzonek z runi łąkowej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* , 53 (4), s. 125-130.
132. Szterk, P., Mikołajczak, J. (2007). Wykorzystanie folii biodegradowalnej przy produkcji kiszzonek. *Wiadomości Zootechniczne* , R.XLV (3), s. 39-47.

133. Tamaki, N., Shimizu, M. (2002). Enhancement of atomization of high-viscous liquid jet by. *ILASS Europe*.
134. Titterton, M., Bareeba, F. (1999). Grass and legume silages in the tropics. *Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis*, s. 49-57.
135. Tjandraatmadja, M., Norton, B., Mac Rae I, C. (1994). Ensilage characteristics of three tropical grasses as influenced by stage of growth and addition of molasses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* , 10, s. 74-81.
136. Wartenberg, G. (1991). Genauer dosieren. *Landtechnik* (6), s. 271-273.
137. Waszkiewicz, C., Lisowski, A., Gach, S., Zastawny, J. (2004). Prace badawczo-rozwojowe nad wybranymi maszynami do zbioru zielonek na siano i kiszonki. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* , t.4, 1(10), s. 293-309.
138. Winnicki, S., Domagalski, Z., Pleskot, R. (2009). *Ekspertyza. Technika w zakresie konserwacji, przechowywania i zadawania pasz dla bydła*. IBMiER, Poznań.
139. Wróbel, B. (2012). Jakość kiszonek z runi łąkowej z dodatkiem biologicznych stymulatorów fermentacji. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, 12, 3(39), s. 211-225.
140. Wróbel, B. (2012). Ocena efektywności stosowania dodatków biologicznych w procesie zakoszenia runi łąkowej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* , 57 (4), s. 193-198.
141. Wróbel, B., Jankowska-Huflejt, H., Barszczewski, J. (2010). Wpływ rodzaju folii i liczby owinięć beli na straty suchej masy i jakość kiszonki z runi łąkowej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* , 10 (4), s. 295-306.
142. Wrzos, W. (1980). Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych dozownika do konserwacji zielonek Apol-2/100. Warszawa: IBMER XXII/720.
143. Zielińska, K., Stecka, K., Suterska, A., Miecznikowski, A. (2006). Ekologiczna metoda kiszenia pasz objętościowych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* , 51 (2), s.219–223.
144. Norma Branżowa BN-74-9162-01. (1975). Metody oceny jakości i wartości pokarmowej kiszonek.
145. Polska norma PN-76/R-64772. (1976). Melas buraczany.
146. Polska norma PN-76/R-64795. (1976). Pasze. Oznaczanie zawartości popiołu.
147. Polska norma PN-EN ISO 5983. (2000). Oznaczenie zawartości azotu i obliczanie zawartości białka ogólnego. Metoda Kjeldahla.

148. Polska norma PN-EN ISO 6865. (2002). Pasze. Oznaczanie zawartości włókna surowego.
149. Polska norma PN-ISO 6496:2002P. (1999). Oznaczanie wilgotności i zawartości innych substancji lotnych.
150. <http://www.polski-cukier.pl/plik,564,wyslodki-i-melasa-doskonaly-pokarm-dla-zwierzat.pdf>. (18.12.2015).
151. <http://kzpb.com.pl/wyniki-produkcyjne-w-polsce,50,pl.html>. (04. 25.2015).
152. <http://abm-maschinen.ch/wp-content/uploads/2011/12/HS2000-Deutsch-Ausgabe-2.pdf>. (10.12.2014).
153. <http://dr-pieper.com/publikationen/broschueren-infoblaetter/>. (12.03.2015).
154. <http://www.whitesinc.com/manuals/NWX660-MANUEL-OP-PIECEAN.pdf>. (10.09.2015).

Spis rysunków

Rysunek 1. Proces tworzenia beli w prasie stałokomorowej.....	12
Rysunek 2. Budowa beli pochodzącej z prasy ze stałą komorą prasowania.	13
Rysunek 3. Rodzaje komór zwijania w prasie stałokomorowej	14
Rysunek 4. Schemat tworzenia beli w prasie zmiennie komorowej	15
Rysunek 5. Zmiana objętości beli w zależności od jej średnicy dla komory zwijania o szerokości 1,23 m.	15
Rysunek 6. Schemat budowy i zasada działania prasy hybrydowej.....	16
Rysunek 7. Schemat budowy zespołu tnącego w prasie zwijającej.	17
Rysunek 8. Ładowacz bębnowy	18
Rysunek 9. Sposoby zabezpieczeń noży zespołu tnącego przed uszkodzeniem.	18
Rysunek 10. Zasada działania prasy zwijającej Krone Ultima CF 155 XC	20
Rysunek 11. Zasada działania prasy zwijającej non-stop Vicon FastBale	21
Rysunek 12. Zasada działania prasy Lely Welger CB Concept	22
Rysunek 13. Schemat budowy owijkarki bel z obrotowym stołem.....	23
Rysunek 14. Schemat budowy owijkarki bel z obrotowym ramieniem	24
Rysunek 15. Schemat budowy owijkarki do owijania ciągłego.	25
Rysunek 16. Rodzaje preparatów stosowanych w produkcji kiszzonek	27
Rysunek 17. Aplikacja melasy na wał zielonki i bakterii kwasu mlekowego w czasie zbioru zielonki przyczepą zbierającą.....	31
Rysunek 18. Aplikacja melasy i bakterii kwasu mlekowego w czasie zbioru sieczkarnią polową.....	32
Rysunek 19. Aplikacja preparatu w czasie załadunku zielonki do zbiornika pionowego.....	32
Rysunek 20. Aplikacja preparatu do zielonki podczas jej załadunku do rękawa foliowego	33
Rysunek 21. Rodzaje aplikatorów.	34
Rysunek 22. Aplikator grawitacyjny zamontowany na ścinaczu zielonek.....	35
Rysunek 23. Schemat budowy aplikatora ciśnieniowego hydraulicznego	36
Rysunek 24. Schemat budowy aplikatora do preparatów stałych	37
Rysunek 25. Schemat programu badań.....	44
Rysunek 26. Miejsca zamocowania dyszy aplikatora na prasie zwijającej Sipma Z – 590/1.....	45

Rysunek 27. Schemat badań dla określenia rozmieszczenia melasy w belach zielonki oraz składu chemicznego i jakości sianokiszonki.....	46
Rysunek 28. Schemat stanowiska do określenia parametrów aplikacji.....	47
Rysunek 29. Zespół tnący prasy zwijającej Sipma Z-590/1 Power Cut.....	48
Rysunek 30. Widok agregatu ciągnik – prasa zwijająca Sipma Power Cut Z-590/1 z nabudowanym aplikatorem w czasie zbioru zielonek.....	49
Rysunek 31. Schematyczne zestawienie podstawowych zabiegów przy zbiorze zielonki podczas badań.	50
Rysunek 32. Dysza uderzeniowa płaskostrumieniowa.....	56
Rysunek 33. Szerokość pracy rozpylacza uderzeniowego w zależności od rodzaju cieczy.	56
Rysunek 34. Miejsca pobrania próbek do określenia rozmieszczenia melasy w przekroju beli.	58
Rysunek 35. Krzywa wzorcowa zawartości glukozy.	59
Rysunek 36. Schemat miejsc pobierania próbek sianokiszonki z bel do określenia jakości paszy.....	60
Rysunek 37. Wpływ temperatury na lepkość dynamiczną melasy.....	64
Rysunek 38. Histogram rozkładu poprzecznego melasy w zależności od temperatury.	65
Rysunek 39. Masowe natężenie wypływu melasy z dyszy TK 10 w zależności od temperatury.	65
Rysunek 40. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 1 (próba kontrolna) w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).....	68
Rysunek 41. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 2 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).....	69
Rysunek 42. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 3 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).....	70
Rysunek 43. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 4 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).....	70
Rysunek 44. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 5 w płaszczyźnie pionowej 1 – 3 (wartość średnia).....	71
Rysunek 45. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 1 (próba kontrolna) w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).	72

Rysunek 46. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zieloncy wariantu zbioru W 2 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).	72
Rysunek 47. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zieloncy wariantu zbioru W 3 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).	73
Rysunek 48. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 4 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).	73
Rysunek 49. Histogram zawartości cukrów redukujących w próbach zielonki wariantu zbioru W 5 w płaszczyźnie poziomej A – C (wartość średnia).	74
Rysunek 50. Histogram średniej zawartości cukrów redukujących w pobranych próbach zielonki w zależności od wariantu zbioru.	75
Rysunek 51. Histogram zawartości popiołu surowego (PS) w sianokiszonkach uzyskanych z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.	79
Rysunek 52. Histogram zawartości białka ogólnego (BO) w sianokiszonkach uzyskanych z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.	80
Rysunek 53. Histogram zawartości włókna surowego (WS) w sianokiszonkach uzyskanych z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.	80
Rysunek 54. Histogram zawartości kwasu mlekowego i octowego w sianokiszoncy uzyskanej z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.	82
Rysunek 55. Histogram zawartości białka ogólnego dostępnego w jelicie (nBO) oraz bilansu azotu żwaczowego (BNŻ) w sianokiszoncy uzyskanej z poszczególnych wariantów zbioru zielonki.	84
Rysunek 56. Histogram zawartości energii metabolicznej (EM) i energii netto laktacji (NEL) w sianokiszoncy uzyskanej z poszczególnych wariantów zbioru.	84
Rysunek 57. Przepływowy podgrzewacz cieczy lepkich, zwłaszcza melasy.	87

Spis tabel

Tabela 1. Podział dodatków do zakiszania wg DLG	28
Tabela 2. Charakterystyka zbieranej zielonki	51
Tabela 3. Właściwości fizyczno-chemiczne melasy	52
Tabela 4. Średnie wartości zagęszczenia zielonki o różnej długości	63
Tabela 5. Parametry aplikacji melasy do zielonki zbieranej prasą zwijającą	66
Tabela 6. Zawartość cukrów redukujących oznaczona w próbach	67
Tabela 7. Zawartość cukrów redukujących oznaczona w belach	75
Tabela 8. Wartości wybranych parametrów składu chemicznego	78
Tabela 9. Ocena jakości sianokiszonki według skali Fliega – Zimmera	81
Tabela 10. Wartości wybranych parametrów obliczone w oparciu o skład chemiczny sianokiszonki	83