

HW

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
W BYDGOSZCZY

Rozprawy  
nr 71

EDMUND DULCET

JAKOŚĆ PROCESU MIESZANIA  
CIEKŁEGO KONSERWANTU Z ZIELONKĄ  
W CZASIE JEJ ZBIORU SIECZKARNIĄ ZBIERAJĄCĄ

31

Dulcet, Edmund.  
Jakość procesu mieszania

1996.

BYDGOSZCZ - 1996



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
W BYDGOSZCZY

**Rozprawy**  
**nr 71**

EDMUND DULCET

JAKOŚĆ PROCESU MIESZANIA  
CIEKŁEGO KONSERWANTU Z ZIELONKĄ  
W CZASIE JEJ ZBIORU SIECZKARNIĄ ZBIERAJĄCĄ

Biblioteka Główna ATR w Bydgoszczy



000000002250

BYDGOSZCZ - 1996

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
prof. dr hab. Ojcumiła Stefaniak

OPINIODAWCY  
prof. zw. dr hab. Józef Grochowicz  
prof. dr hab. Józef Szlachta

REDAKTOR NAUKOWY  
prof. dr hab. Mieczysław Godlewski

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE  
mgr Joanna Ekstowicz-Mąka, Zbigniew Gackowski



Wydano za zgodą Rektora  
Akademii Techniczno-Rolniczej  
w Bydgoszczy

79504

ISSN 0209-0597

WYDAWNICTWO UCZELNIANE  
AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ W BYDGOSZCZY

---

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 4,0. Ark. druk. 4,25. Papier druk. kl. III.  
Oddano do druku w maju 1996 r. Druk ukończono w maju 1996 r.  
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii ATR Bydgoszcz ul. Ks. A. Kordeckiego 20  
Zamówienie nr 9/96

96D.53/53

## SPIS TREŚCI

	str.
Wykaz ważniejszych oznaczeń .....	5
<b>1. WPROWADZENIE .....</b>	<b>7</b>
<b>2. OCENA STANU WIEDZY ZAGADNIENIA W LITERATURZE .....</b>	<b>9</b>
2.1. Ocena metod dodawania środków konserwujących do zakiszanych zielonek .....	9
2.2. Ocena rozwiązań technicznych urządzeń dozujących .....	11
2.3. Analiza wyników badań dotyczących jakości procesu mieszania konserwantów z zielonką w siewczkarni zbierającej .....	12
2.4. Uzasadnienie celowości prowadzenia dalszych prac badawczych w zakresie jakości procesu mieszania konserwantu z zielonką w siewczkarni zbierającej .....	18
<b>3. CEL I ZAKRES PRACY .....</b>	<b>19</b>
3.1. Sformułowanie problemu .....	19
3.2. Cel pracy .....	19
3.3. Zakres pracy .....	20
<b>4. METODYKA BADAŃ .....</b>	<b>21</b>
4.1. Schemat badań i plan eksperymentu .....	21
4.2. Stanowisko badawcze .....	25
4.2.1. Miejsce dodawania konserwantu do zielonki w siewczkarni zbierającej .....	29
4.3. Charakterystyka użytych w badaniach materiałów .....	31
4.4. Opis zastosowanych technik pomiarowych .....	32
4.4.1. Ocena równomierności wymieszania benzoesanu sodu z zielonką oraz ustalenie wielkości jego strat .....	32
4.4.2. Określenie wydajności zbioru zielonek oraz ich wilgotności .....	33
4.4.3. Określenie średniej długości roślin przed rozdrobieniem oraz długości siewczki .....	34
4.5. Opis toku eksperymentu .....	34
4.6. Matematyczne opracowanie wyników badań i analiza błędów .....	35
4.7. Miejsce realizacji eksperymentu .....	36

<b>5. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ</b> .....	37
5.1. Miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej - podzbiór $J_{m1}$ .....	37
5.2. Wydajność zbioru zielonki, teoretyczna długość sieczki - podzbiór $J_{m2}$ .....	43
5.3. Wilgotność rośliny, gatunek rośliny - podzbiór $J_{m3}$ .....	49
<b>6. PROJEKT METODY DODAWANIA CIEKŁYCH KONSERWANTÓW DO ZIELONEK W CZASIE ICH ZBIORU NA KISZONKĘ SIECZKARNIĄ ZBIERAJĄCĄ</b> .....	53
<b>7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ</b> .....	57
<b>8. WNIOSKI</b> .....	58
<b>LITERATURA</b> .....	59
<b>STRESZCZENIA</b> .....	65

## WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

- $D_o$  - średnia średnica kropli obliczona według objętości,  $\mu\text{m}$ ,  
 $G$  - gatunek rośliny,  
 $i$  - liczba klas,  
 $J_m$  - jakość procesu mieszania,  
 $K$  - wskaźnik nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z zielonką (współczynnik zmienności), %,   
 $l$  - średnia długość siewki dla wszystkich klas, mm,  
 $l_p$  - średnia długość roślin przed rozdrobnieniem, mm,  
 $L_t$  - teoretyczna długość siewki, mm,  
 $M$  - miejsce dodawania konserwantu do zielonki w siewkarni zbierającej,  
 $m_b$  - masa zadana benzoesu sodu, g/kg zielonki,  
 $m_o$  - współczynnik koncentracji,  
 $n$  - końcowy numer klasy,  
 $n_i$  - liczba odcinków średniej długości siewki w danej klasie,  
 $n_z$  - prędkość obrotowa noży, obr./min,  
 $pH$  - stopień kwasowości,  
 $q$  - masa materiału z wałka o długości 100 m, kg,  
 $Q$  - wydajność zbioru zielonki, t/h,  
 $r$  - współczynnik korelacji,  
 $S$  - straty benzoesu sodu, %,   
 $t$  - czas przejazdu przez agregat odcinka o długości 100 m, s,  
 $T_o$  - temperatura otoczenia,  $^{\circ}\text{C}$ ,  
 $V_z$  - prędkość zasilania, m/s,  
 $W$  - wilgotność rośliny, %,   
 $x_{sr}$  - średnia arytmetyczna zawartości benzoesu sodu w zielonce, g/kg zielonki,  
 $\bar{x}$  - średnia długość odcinków siewki w poszczególnych klasach, mm,  
 $x_i, y_i$  - współrzędne prostokątne i-tego miejsca dodawania konserwantu do zielonki w siewkarni zbierającej, mm,  
 $z$  - liczba noży, szt.,  
 $z_i$  - odległość miejsca dodawania konserwantu do zielonki od środka układu współrzędnych przechodzących przez oś bębna nożowego siewkarni, mm,  
 $\alpha$  - poziom istotności,  
 $\delta$  - odchylenie standardowe, g/kg zielonki.





## 1. WPROWADZENIE

Pomimo znacznych osiągnięć w konserwacji i przechowywaniu pasz, nie uzyskano efektów, które można uznać za wystarczające. Przy konserwowaniu pasz zielonych poprzez kiszenie, przeważająca część strat powstaje w wyniku oddychania i fermentacji, wypływania soku, psucia się paszy na powierzchni. Istnieje możliwość poprawy zdolności zakiszania zielonek, szczególnie trudnokiszających, a tym samym zmniejszenia tych strat, między innymi przez sterowanie procesem mikrobiologicznym przy użyciu różnych środków konserwujących: chemicznych, enzymatycznych lub zaszczipiania bakteriami kwasu mlekowego, które są głównymi drobnoustrojami, chroniącymi kiszonkę przed zepsuciem [6, 46, 69, 75, 76, 78, 90, 98, 99, 100, 101, 105, 106, 110, 115].

Konserwanty dodawane są do zielonek w czasie ich zbioru albo załadunku do zbiornika [17, 23, 44, 67, 72, 112, 113].

Jednym z najważniejszych czynników decydujących o uzyskaniu właściwych efektów dodawanych konserwantów, szczególnie chemicznych i enzymatycznych, jest równomierne wymieszanie ściśle określonej ich ilości z materiałem roślinnym przeznaczonym do kiszenia [29, 35, 37, 74, 83, 87, 93, 102, 107, 111].

Przy dodawaniu konserwantu do zielonki w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą, jakość procesu mieszania obu składników oceniana w oparciu o równomierność ich wymieszania i wielkość strat konserwantu zależy od wielu czynników. Zdaniem badaczy zajmujących się tym zagadnieniem, jak i w ocenie autora niniejszej pracy, najważniejsze to: parametry techniczno-eksploatacyjne urządzenia dozującego, miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej, parametry techniczno-eksploatacyjne sieczkarni zbierającej, właściwości zbieranych roślin [10, 15, 25, 28, 29, 33, 34, 36, 37, 49, 97].

Dotychczasowe badania nad omawianym zagadnieniem prowadzone były w ograniczonym zakresie i polegały głównie na określaniu charakterystyki techniczno-funkcjonalnej i eksploatacyjnej opracowywanych urządzeń dozujących do różnych konserwantów (ciekłych, stałych i gazowych) [7, 11, 20, 27, 32, 59, 60, 75].

W literaturze brakuje danych dotyczących wpływu wyżej wymienionych czynników na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą. Luka ta jest dość niezrozumiała, bowiem wiadomym jest, że tylko równomierne wymieszanie ściśle określonej ilości konserwantu w zależności od rodzaju konserwowanych roślin, zapewni uzyskanie kiszonki dobrej jakości.

Wypełnienie tej luki ma istotne znaczenie dla skutecznego działania konserwantów w procesie kiszenia zielonek i uzyskania kiszzonek lepszej jakości.

Niniejsza praca stanowi kontynuację badań prowadzonych wcześniej przez autora w ramach Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego 10/17/III/7 i Projektu Rozwojowo-Badawczego 10/91 przyznanego przez Ministerstwo Edukacji Narodowej, Departament Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## 2. OCENA STANU WIEDZY ZAGADNIENIA W LITERATURZE

### 2.1. Ocena metod dodawania środków konserwujących do zakiszanych zielonek

Równomierne wymieszanie ściśle określonej ilości środka konserwującego z zielonką w procesie technologicznym jej zbioru na kiszonkę jest zabiegiem trudnym, ponieważ:

- nie można zapewnić równomiernego dopływu roślin przeznaczonych do kiszzenia w żadnej z faz ich zbioru;
- różna jest jakość zbieranego z pnia, pokosu lub wałka materiału roślinnego;
- przenikanie środków konserwujących w głąb masy roślinnej w zbiornikach jest nierównomierne.

Pomimo tych trudności, szuka się metody, która zapewniłaby równomierne wymieszanie określonej ilości środka konserwującego z zielonką i byłaby możliwa do przyjęcia ze względu na wydajność i koszty wykonania tego zabiegu [16, 30, 62, 65, 68, 77, 79, 92, 94].

Ze względu na stan skupienia środki konserwujące dzielimy na stałe, ciekłe i gazowe. Można je dodawać do roślin w czasie ich zbioru albo w czasie załadunku roślin do zbiornika (silosu). Czynnione są również próby dodawania konserwantów przed ich zbiorem (na pniu) [3, 8, 9, 47, 53, 62, 85, 88, 105].

Dodawanie środków konserwujących do zielonek w czasie ich zbioru odbywa się za pomocą urządzeń dozujących montowanych najczęściej na sieczkarniach zbierających lub do nich doczepianych. Montowane one mogą być również na przyczepach zbierających i prasach zbierających [14, 38, 39, 56, 57, 58, 66, 76, 84, 96]. Przeprowadzone przez autora studia literaturowe wykazały, że w opinii wielu badaczy, metoda ta umożliwia równomierne wymieszanie konserwantu z zielonką i łatwa jest do zmechanizowania [14, 20, 38]. Ponadto, jak podaje Raymond [93], przy tej metodzie proces konserwacji zielonek rozpoczyna się już w maszynie zbierającej, a nie jest opóźniony do momentu załadunku i ułożenia zielonki w zbiorniku.

Dodawanie konserwantu do zielonek w czasie załadunku do zbiornika jest metodą, która, według Raymonda [93], Roszkowskiego [96], Burnajewa i in. [7], nie gwarantuje równomiernego wymieszania konserwantu z zielonką, a ponadto jest trudniejsza do zmechanizowania. Natomiast Kuzmickij [63] podaje, że przy dużej staranności wykonania tego zabiegu, można uzyskać równomierne wymieszanie konserwantu z zielonką. Ponadto, jego zdaniem, w przypadku użycia środków che-

micznych metoda ta zabezpiecza środowisko przed jego skażeniem. Należy jednak podkreślić, że cytowani badacze nie podają żadnych wyników badań.

Wybór rozwiązania technicznego dodawania środków konserwujących do zielonek przy tej metodzie zależy od wielu czynników. Pirkelmann [84], Podkówa [87], Robkowsky i in. [94] podają, że czynnikami decydującymi są rodzaj zbiornika (silosu) i stan skupienia konserwantu.

Przy zbiornikach pionowych można stosować te same urządzenia dozujące, które montowane są na sieczkarniach zbierających. Montuje się je na urządzeniach załadunkowych zbiorniki wieżowe (rzutniki, przenośniki, sieczkarnie z wydmuchem) [38].

Przy zbiornikach poziomych istnieje wiele rozwiązań. Najprostszym bardzo często stosowanym jest zraszanie każdej warstwy zielonki konserwantem przy użyciu polewaczki ogrodniczej (konewki). W przypadku konserwantów stałych sypie się ręcznie odpowiednie porcje konserwantu. Niejednokrotnie środek konserwujący nie jest równomiernie rozprowadzony i wymieszany z zielonką, a zużywa się przy tym nadmierne lub zbyt małe jego ilości. W przypadku dużego stężenia konserwantów chemicznych w części zakiszanej masy mogą następować zatrucia zwierząt [31, 87]. Do dodawania środków konserwujących do zielonki wykorzystuje się często aparaturę ochrony roślin. W przypadku składowania zielonki w zbiornikach poziomych o małej pojemności stosuje się opryskiwacze i opylacze sadownicze o napędzie ręcznym lub silnikowym, natomiast w zbiornikach o dużej pojemności, opryskiwacze ciągnikowe polowe lub wozy asenizacyjne [1, 38, 92]. Jak podają Raymond [93], Burnajew i in. [7], Łogaczewa i Graczev [67], Porodziński [92], wykorzystanie aparatury ochrony roślin nie zapewnia równomiernego wymieszania konserwantów z zielonką i wymaga dużej staranności od osób przeprowadzających ten zabieg.

Dodawanie konserwantów do zielonek przed ich zbiorem (na pniu) ma na celu, obok późniejszej poprawy procesu fermentacji, przewiednięcie i dzięki temu podwyższenie zawartości suchej masy w kiszonym materiale. Doświadczenia nad tą metodą prowadzono w Niemczech, gdzie zastosowano opryski ciekłymi środkami konserwującymi, łącznie ze środkami ochrony roślin. W Norwegii z kolei przeprowadzono próby z dodawaniem konserwantów ciekłych przy użyciu małych deszczowni. Mimo że uzyskano równomierne rozprowadzenie środków konserwujących na roślinach, to jednak stwierdzono, że zastosowany konserwant chemiczny działał ujemnie na odrost roślin. Kwasy bowiem przenikające do korzeni roślin uszkadzały je, a poza tym - zakwaszały glebę. Przy tej metodzie zużywano nadmierne ilości konserwantu [87, 96, 109]. Metoda ta nie jest obecnie stosowana i jak podaje Thiron [109], znajduje się nadal w stadium doświadczeń.

Maskowa i in. [68], oceniając równomierność wymieszania kwasu mrówkowego oraz konserwantu Allyspol 75 AC z koniczyną przy dodawaniu ich do zielonki w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą z urządzeniem dozującym oraz w czasie załadunku jej do zbiornika przy użyciu opryskiwacza ciśnieniowego, podają, że

nie stwierdzono różnic w jakości uzyskanych kiszzonek. Równomierność wymieszania konserwantów z zielonką określono w oparciu o analizę chemiczną uzyskanych kiszzonek. Wydaje się, że zastosowanie tej analizy do oceny równomierności wymieszania konserwantów z zielonką jest mało wiarygodne, gdyż jak podają Tarnow [107, 108], Podkówka [87], Mikołajczak [71], Weissbach [115], zbyt wiele innych czynników w procesie kiszzenia wpływa na ocenę jakości kiszzonek.

Autor pracy badając równomierność wymieszania benzoesu sodu z koniżyną oraz wielkość jego strat przy dodawaniu go do zielonki w czasie jej zbioru siewkarnią zbierającą z nabudowanym ciśnieniowym urządzeniem dozującym oraz w czasie załadunku jej do zbiornika przy użyciu opryskiwacza plecakowego "Sano-2", stwierdził istotne statystyczne różnice między badanymi wielkościami zależnie od zastosowanej metody. Większą równomierność wymieszania konserwantu z zielonką uzyskano, dodając go do zielonki w czasie jej zbioru siewkarnią, przy zbliżonych wielkościach strat konserwantu. Równomierność wymieszania konserwantu z zielonką oraz wielkość jego strat oceniano w oparciu o oznaczenie ilościowe kwasu benzoesowego w próbkach zielonki. Ponadto równomierność wymieszania konserwantu z zielonką określano w oparciu o pomiary pH, a uzyskaną kiszzonekę oceniano, wykorzystując skalę Fliega, zmodyfikowaną przez Zimmera [29, 103].

Reasumując, można stwierdzić, że obecnie konserwanty dodawane są do zielonki, w czasie jej zbioru albo załadunku do zbiornika. Omówione metody mają zarówno zalety, jak i wady, które często są dyskusyjne. Opinie prezentowane przez badaczy są zróżnicowane, głównie ze względu na warunki badań. Jednak przeważa opinia, potwierdzona wynikami badań uzyskanymi przez autora pracy, że większą równomierność wymieszania konserwantu z zielonką uzyskuje się, dodając konserwant do zielonki w czasie jej zbioru siewkarnią zbierającą. Ponadto metoda ta jest łatwiejsza do zmechanizowania.

## 2.2. Ocena rozwiązań technicznych urządzeń dozujących

W ostatnich latach opracowano na świecie kilka różnych rozwiązań technicznych urządzeń dozujących. Również w kraju pod koniec lat siedemdziesiątych i na początku osiemdziesiątych powstały pierwsze modele tych urządzeń [13, 14, 21, 38, 59, 62, 84, 86].

Z analizy literatury wynika, że obecnie budowane są urządzenia dozujące do konserwantów stałych i ciekłych. Częściej stosowane są urządzenia do konserwantów ciekłych, które dobrze rozprawdają się w masie zielonki, a ponadto urządzenia te są proste w budowie i uniwersalne (część konserwantów można rozpuszczać lub rozprawdzać w wodzie w postaci zawiesiny). Ze względu na sposób dodawania konserwantu do zielonki w maszynie zbierającej można je podzielić na opadowe (grawitacyjne) i ciśnieniowe.

W urządzeniach ciśnieniowych konserwant równomiernie, niezależnie od jego ilości w zbiorniku, wprowadzany jest w postaci strumienia cieczy (pod niewielkim

ciśnieniem) w obręb działania zespołu rozdrabniającego lub do kanału wylotowego, w którym następuje mieszanie go z pociętą zielonką [14, 38, 96, 97].

Urządzenia do dodawania konserwantów stałych (pylistych, granulowanych) stosowane są rzadziej ze względu na mniejszą pewność ich działania, która uzależniona jest przede wszystkim od właściwości fizyczno-mechanicznych środka konserwującego. Obecnie budowane są urządzenia, w których środek konserwujący wygarniany ze zbiornika, trafia grawitacyjnie lub transportowany jest za pomocą strumienia powietrza wytwarzanego przez dmuchawę do miejsca jego mieszania z zielonką [10, 11, 32, 93, 96].

Zdaniem badaczy zajmujących się tym zagadnieniem, pewność działania tych urządzeń będzie większa w przypadku stosowania konserwantów granulowanych o dobrej jakości technologicznej (równomierny skład granulometryczny, kulisty kształt granulek, duża wytrzymałość mechaniczna granulek, stała masa, mała higroskopijność) [10, 11, 64].

Szczegółową ocenę rozwiązań technicznych urządzeń dozujących przedstawiono w wcześniejszych pracach autora [14, 20].

W kraju nie produkuje się żadnych urządzeń dozujących do konserwantów ułatwiających proces zakiszania zielonek.

### **2.3. Analiza wyników badań dotyczących jakości procesu mieszania konserwantów z zielonką w siewkarni zbierającej**

Przebieg procesu mieszania różnych ciał ma charakter losowy, dlatego do jego oceny można stosować metody statystyczne. Zdaniem Dmitrewskiego [12], stopień jednorodności mieszanki, stanowiący podstawę do oceny jakości urządzeń mieszających, określamy na podstawie odchylenia standardowego, będącego miarą różnicy pomiędzy rzeczywistym udziałem składników mieszanki a udziałem w recepturze.

Dla porównania stopnia jednorodności lub raczej niejednorodności mieszaniny stosuje się tzw. współczynnik zmienności, stanowiący stosunek odchylenia standardowego do założonego lub rzeczywistego średniego udziału składnika w mieszaninie.

Na przebieg procesu mieszania mają wpływ takie cechy materiałów, jak: wilgotność, lepkość, rozkład uziarnienia, stosunek wymiarów cząstek poszczególnych składników, stosunek mas usypowych składników. Jakość mieszania zależy również od parametrów technologicznych (przede wszystkim wzajemnego stosunku składników i sposobu zasilania urządzenia mieszającego) oraz kinetycznych (prędkości i ustawienia elementów roboczych). Jeżeli w skład mieszaniny wchodzi składniki, których cząsteczki różnią się bardzo znacznie pomiędzy sobą właściwościami fizyczno-mechanicznymi i procentowym udziałem w mieszaninie, to proces mieszania może przebiegać nieprawidłowo, co wyraża duża niejednorodność mieszaniny [12]. Z takim właśnie przypadkiem mamy do czynienia, wprowadzając ciekły konserwant do zielonek w siewkarni zbierającej

W zależności od rodzaju użytego konserwantu, gatunku rośliny przeznaczonej do kiszenia, jego procentowy udział w masie zielonki może wynosić od kilkudziesiętnych do kilku procent (np. używając do konserwowania roślin motylkowych benzoesan sodu, dodaje się go w ilości 0,4% [87]).

W siewczkarni zbierającej konserwanty dodawane są do zielonki w różnych jej miejscach: przed zespołem walców ugniatających, do zespołu rozdrabniającego lub w różnych miejscach kanału wylotowego, przeważnie w dolnej lub końcowej jego części [24, 25, 26, 29, 38].

W zależności od miejsca dodawania konserwantu do zielonki proces mieszania odbywa się w zespole rozdrabniającym i kanale wylotowym bądź tylko w kanale wylotowym siewczkami. Mamy więc do czynienia z mieszaniem mechaniczno-pneumatycznym w wyniku oddziaływania na materiały mieszane noży zespołu rozdrabniającego oraz mieszaniny rozdrobnionej zielonki i powietrza w kanale wylotowym siewczkami.

Kanał wylotowy siewczkarni (bez obciążenia materiałem roślinnym) z pewnym uproszczeniem można traktować jako rozpylacz pneumatyczny, w którym jak podaje Haman [2], wykorzystuje się sam strumień powietrza dla rozbicia cieczy na krople, jeżeli ma on dostatecznie dużą prędkość. Kropla cieczy poruszająca się w powietrzu poddana jest siłom zewnętrznym wynikającym z oporu ośrodka oraz siłom wewnętrznym spowodowanym napięciem powierzchniowym. Określenie przebiegu odkształcenia kropli na drodze teoretycznej nie jest możliwe z uwagi na brak dostatecznego rozeznania w rozkładzie ciśnień dookoła takiej cząstki.

Według Hamana [2], ogólnie proces rozpadu kropli można przedstawić w następujący sposób. Kropla znajduje się w stanie równowagi, jeśli:

$$p_i = p_a + p_s, \quad (1)$$

gdzie:

$p_i$  - ciśnienie wewnętrzne o wartości stałej;

$p_a$  - ciśnienie zewnętrzne;

$p_s$  - ciśnienie wywołane napięciem powierzchniowym do kuli.

$$p_s = \frac{2\varphi}{r}, \quad (2)$$

gdzie:

$\varphi$  - napięcie powierzchniowe dla dowolnej bryły mającej promienie krzywizny

$r_1$  i  $r_2$

$$p_s = \varphi \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (3)$$

Stan ten trwa tak długo, dopóki zmiana wielkości  $p_a$  wywołana ruchem, nie wzrośnie nadmiernie. Początkowo kropla ulega spłaszczeniu, na skutek czego maleje promień krzywizny. Jednak przy odpowiednio dużej wartości  $p_a$ ,  $p_s$  nie może dostatecznie się zmienić, aby zrównoważyć  $p_a$  przy zachowaniu stałego  $p$ . Wtedy kropla zostaje rozerwana i tworzy szereg mniejszych krolep, w których siły napięcia powierzchniowego, ze względu na mniejszy promień krzywizny, są odpowiednio większe. Taki podział będzie następował aż do momentu, gdy średnica będzie dostatecznie mała dla zachowania równowagi. Jak stwierdzono doświadczalnie, zgodnie z tą teorią, wzrost prędkości kropli względem powietrza powoduje (do pewnej granicy) zmniejszenie się średnicy krolep.

Z przeglądu literatury wynika, że w kanale wylotowym siewczarni, mamy do czynienia z przepływem turbuletnym powietrza, przy prędkości strumienia powietrza dochodzącym do 40 m/s, w zależności od parametrów dynamicznych i konstrukcyjnych zespołu rozdrabniającego i kanału wylotowego [2, 55, 95]

Dulcet i Chalamoński [13] określając prędkość strumienia powietrza w różnych miejscach kanału wylotowego siewczarni zbierającej bębnowej Z-305 podają, że zawierała się ona w granicach od 21,2 do 34,8 m/s, przy czym górne wartości prędkości powietrza występowały w dolnej części kanału wylotowego. Według Hamana [2], prędkość strumienia powietrza powyżej 30 m/s zapewnia rozbitcie strumienia cieczy na krople w zakresie oprysku grubokroplistego (średnica kropli > 150  $\mu\text{m}$ ).

Kędziora [55] badając rozpylenie ciekłego benzoenu sodu wprowadzonego w postaci cienkiej strugi (pod ciśnieniem 0,05 MPa) do zespołu rozdrabniającego i do dolnej części kanału wylotowego siewczarni zbierającej Z-302 podaje, że średnia średnica kropli obliczona według objętości [2]:

$$D_o = \sqrt[3]{\frac{\sum D_i m_i}{m}}, \quad (4)$$

gdzie:

$D_o$  - średnia średnica kropli obliczona według objętości;

$D_i$  - średnia średnica kropli w przedziale klasowym  $i$ ;

$m_i$  - liczba krolep w przedziale  $i$ ;

$m$  - całkowita liczba krolep,

wynosiła odpowiednio 241  $\mu\text{m}$  i 270  $\mu\text{m}$ . Dla rozpatrywanych przypadków ponad 60% wszystkich krolep należało do oprysku grubokroplistego. Pozostała część krolep należała do oprysku średnio- i drobnokroplistego.

W czasie zbioru roślin w kanale wylotowym siewczarni mamy do czynienia z przepływem mieszaniny, składającej się z rozdrobnionej masy roślinnej i powietrza, która rozbija konserwant na krople, przemieszczające się w tej mieszaninie. Ruch tej mieszaniny, według Roszkowskiego [95], traktować można jako przepływ czynnika w przewodzie o określonych parametrach. Przy przyjęciu takiego założenia opory przepływu można wyrazić następującą zależnością:



$$R' = R'_o (1 + C_o m_o), \quad (5)$$

gdzie:

- $R'$  - opór przepływu mieszaniny;
- $R'_o$  - opór przepływu powietrza;
- $C_o$  - współczynnik proporcjonalności;
- $m_o$  - współczynnik koncentracji.

Współczynnik proporcjonalności  $C_o$  związany jest z prędkością przepływu powietrza  $V_p$  i oblicza się go z zależności:

$$C_o = \left( \frac{C_1}{V_p} \right)^{C_2} \quad (6)$$

Współczynniki  $C_1$  i  $C_2$  określone są na drodze doświadczalnej i zależą od wielu czynników: rodzaju transportowanego materiału, stopnia rozdrobnienia, właściwości fizyczno-mechanicznych materiału.

Współczynnik koncentracji  $m_o$  określa się następującą zależnością:

$$m_o = \frac{q}{V}, \quad (7)$$

gdzie:

- $q$  - przepustowość materiału transportowanego;
- $V$  - masowy przepływ powietrza.

Analiza wzoru (5) wykazuje, że opór mieszaniny wzrasta wraz ze wzrostem współczynnika proporcjonalności i koncentracji. Odpowiadać to może zmianom właściwości fizyczno-mechanicznych materiału roślinnego, a zwłaszcza jego wilgotności lub zmianom przepustowości (zakładając stałą ilość powietrza zasysanego do kanału wylotowego - stała powierzchnia otworów ssących w sieczkarni). Zmiany powyższych czynników powodują mniej lub bardziej ustabilizowany przepływ mieszaniny w kanale. Jak podaje Roszkowski [95], przy małych wydajnościach zbioru, strumień rozdrobnionego materiału ma mniej ustabilizowany charakter, a rozdrobnione cząstki roślin tracą energię nie tylko wskutek zderzeń i tarcia o ścianki kanału wylotowego, ale także w wyniku wzajemnego oddziaływania na siebie. Charakter przepływu zmienia się na bardziej stabilny w miarę wzrostu wydajności zbioru.

Z dotychczasowych rozważań wynika, że pojęcie „proces mieszania” nie jest pojęciem precyzyjnym, a jedynie umownym. Sieczkarnię zbierającą traktuje się bowiem jak swego rodzaju „mieszarkę”, w której, w procesie cięcia i transportu zielonki, następuje rozbicie strumienia cieczy na krople, przemieszczające się

w rozdrobnionej zielonce, zwilżając ją. Pojęcie „proces mieszania” używane jest przez wielu badaczy zajmujących się tym zagadnieniem [29, 38, 44, 77, 87, 93].

Zdaniem Pirkelmana [84] oraz autora niniejszej pracy, rozbitcie strumienia ciekłego konserwantu na krople o średnicy w zakresie oprysku grubokroplistego jest wskazane i sprzyja procesowi mieszania konserwantu z zielonką. Proces ten jak podają Dmitrewski [12], Grochowicz [45], jest tym skuteczniejszy, im bardziej wyrównany jest rozkład uziarnienia cząstek mieszanych składników. Nie chodzi tu bowiem o dokładne pokrycie rozdrobnionych roślin równomiernie rozmieszczonymi kropelkami konserwantu, jak to ma miejsce w chemicznej ochronie roślin, a jedynie o ich dokładne wymieszanie (rozprowadzenie). Wynika to stąd, że jak podają Tarnow [107], Podkówka [87], Bolsen [5], Weissbach [115], równomiernie wymieszany z zielonką konserwant, rozcieńczony uwalnianym z zielonki sokiem przenika w głąb masy roślinnej w zbiorniku (silosu), zwilża ją i steruje procesem mikrobiologicznym. Mechanizm działania konserwantów chemicznych sprowadza się do obniżenia pH zielonej masy, co ogranicza oddychanie roślin i działalność bakterii kwasu mlekowego, a całkowicie zapobiega rozwojowi bakterii kwasu masłowego, jak również rozpadowi białka. Konserwanty chemiczne o działaniu selektywnym, np. benzoesan sodu, hamują rozwój bakterii kwasu masłowego, grzelińskich oraz drożdży, a prawie nie hamują rozwoju bakterii kwasu mlekowego. Konserwanty mikrobiologiczne to wyselekcjonowane bakterie kwasu mlekowego, które wymieszane z materiałem roślinnym szybko rozmnażają się, powodując przekształcenie cukrów roślinnych w kwas mlekowy. Wytworzony kwas mlekowy eliminuje rozwój szkodliwej mikroflory, nie dopuszczając do powstania kwasów masłowego i octowego obniżających wartość paszową kisonki i nadających jej nieprzyjemny smak. Wprowadzane obecnie konserwanty enzymatyczne powodują w procesie kiszzenia rozpad złożonych węglowodanów do cukrów prostych, a następnie ich fermentację przez bakterie kwasu mlekowego.

Z teorii konstrukcji maszyn rolniczych wynika, że jakość procesu mieszania różnych składników ocenia się w oparciu o równomierność ich wymieszania [12, 46]. Przy dodawaniu konserwantu do zielonki w siewkarni zbierającej pewna jego ilość uchodzi do otoczenia. Wpływa to na mniejszą od założonej ilość konserwantu pozostającego w zielonce. Straty te spowodowane są tym, że część kropli uchodzi na zewnątrz wraz ze strumieniem powietrza. Również część strat konserwantu związana może być ze stratami zielonki (zwilżonej konserwantem) w czasie jej ciężenia i transportu, które jak podaje Podkówka [87], mogą dochodzić do 4%.

W przypadku rozdrabniania i transportu roślin motylkowych straty te mogą być jeszcze większe. Jak podaje Roszkowski [95], wskutek uderzeń noży bębna siewkarni o materiał roślinny następuje częściowe oddzielenie liści od łodyg. Stopień oddzielenia zależy przede wszystkim od wilgotności i długości siewki. Stąd w strumieniu siewki wychodzącej z kanału wylotowego siewkarni znajduje się pewna ilość liści swobodnych zwilżonych konserwantem, które porwane przez zwykle wiejący wiatr, nie trafiają do współpracującej z siewkarnią przyczepy.

Straty konserwantu w ilości około 20% i większe w zależności od rodzaju użytego konserwantu są przyczyną uzyskiwania kiszonki gorszej, a nawet złej jakości [85, 87, 107, 111]. Dlatego też zdaniem autora niniejszej pracy, przy ocenie jakości procesu mieszania konserwantu z zielonką w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą, należy uwzględnić również wielkość występujących strat konserwantu.

Ilość prac naukowo-badawczych dotyczących jakości procesu mieszania konserwantów z zielonką jest niewielka. Dotychczasowe prace skupiały się głównie na określeniu charakterystyki techniczno-funkcjonalnej i eksploatacyjnej opracowanych urządzeń dozujących [7, 10, 20, 38, 75, 116, 118].

Wrzos [116], prowadząc badania kwalifikacyjne grawitacyjnego urządzenia do dodawania konserwantów ciekłych nabudowanego na sieczkarni zbierającej bijakowej, oceniał również równomierność wymieszania konserwantu „Acidol” z trawą. Ocenę przeprowadził w oparciu o pomiary pH w próbkach zielonki pobranych z przyczepy. Wykonując badania w dwóch różnych gospodarstwach rolniczych, uzyskał duże zróżnicowanie wyników.

Colzani i in. [10], Olszewski [77] podają, że miejsce dodawania konserwantu do zielonki, powinno znajdować się w tej części kanału wylotowego sieczkarni, gdzie zachodzi najintensywniejszy wirowy przepływ powietrza, który zapewnia dobre wymieszanie konserwantu z zielonką. Nie podają oni jednak żadnych wyników badań, które prowadzono przy użyciu sieczkarni zbierającej bijakowej typu „Orkan”.

Harrison [49] prowadząc badania nad wpływem długości siczki z lucerny oraz jej wilgotności (dwie długości siczki i wilgotności rośliny) na absorpcję i wielkość strat ciekłego  $\text{NH}_3$  i  $\text{SO}_2$  dodawanego do lucerny w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą przy użyciu eksperymentalnego urządzenia dozującego podaje, że zastosowana długość siczki i wilgotność lucerny, nie wpływały istotnie na absorpcję i wielkość strat konserwantów. Zastrzega się przy tym, że nieistotny wpływ wilgotności może wynikać z niewielkiej różnicy wilgotności użytego w badaniach materiału roślinnego (lucerna o wilgotności 55% i 65%). Podaje on również, że odmiennego zdania, co do wpływu długości siczki na absorpcję i wielkość strat konserwantów są Knodt i in.

Z przedstawionych powyżej rozważań wynika, że proces mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej, jest procesem bardzo złożonym i ma charakter losowy. Jakość tego procesu oceniana w oparciu o równomierność wymieszania konserwantu z zielonką oraz wielkość jego strat zależy od wielu czynników o różnym oddziaływaniu. Zdaniem Pirkelmana [84], Colzaniego i in. [10, 11], Podkówki [87, 89], Harissona [49, 50], Dulceta [36, 38], do najważniejszych czynników, o których wpływie na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej brak informacji naukowych, należą:

- miejsce i sposób dodawania (doprowadzenia) konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej;

- parametry eksploatacyjne siewczkarni (wydajność zbioru zielonki, teoretyczna długość siewczki);
- właściwości zbieranych roślin (gatunek, wilgotność).

Na podstawie analizy stanu dotychczasowej wiedzy nad jakością procesu mieszania konserwantów z zielonką można stwierdzić, że miały one charakter wycinkowy, pozwalający jedynie na zasygnalizowanie pewnych problemów. Prezentowane opinie są mniej lub bardziej miarodajne, często oparte tylko na obserwacjach lub wynikach badań prowadzonych różnymi metodami i w różnych warunkach. W dotychczasowych pracach naukowo-badawczych występuje zupełny brak opracowań dotyczących analizy i opisu wpływu głównych czynników na jakość procesu mieszania konserwantów z pociętą zielonką w warunkach występujących w siewczkarni zbierającej.

#### **2.4. Uzasadnienie celowości prowadzenia dalszych prac badawczych w zakresie jakości procesu mieszania konserwantu z zielonką w siewczkarni zbierającej**

Z przedstawionych danych literaturowych, jak i badań własnych wynika, że jakość procesu mieszania konserwantów z zielonką jest obecnie niezadowalająca.

Obszar rozwiązywanej dotychczas problematyki badawczej wykazuje jeszcze znaczne luki poznawcze, które wymagają wypełnienia. Obecnie szczególnie odczuwalny jest brak znajomości wpływu głównych czynników na jakość procesu mieszania, takich jak: miejsce dodawania konserwantu do zielonki w siewczkarni zbierającej, wydajności zbioru zielonki, teoretycznej długości siewczki, wilgotności i gatunku zbieranej rośliny.

Brak znajomości wpływu powyższych czynników uniemożliwia opracowanie metody dodawania konserwantu do zielonki, która zapewniłaby uzyskanie kiszonki dobrej jakości, przy niskich kosztach tego zabiegu. O potrzebie opracowania takiej metody donosi literatura oraz sygnały otrzymywane od rolników i producentów konserwantów [10, 29, 38, 49, 50, 81, 84, 89, 107].

Wobec powyższych faktów sformułowano główną tezę pracy:

*Należy uzupełnić istniejący stan wiedzy zasobem nowych informacji naukowych, pozyskanych w toku eksperymentu, przyjętego do realizacji w niniejszej pracy, którego celem będzie:*

- analiza wpływu głównych czynników na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w czasie jej zbioru siewczkarnią zbierającą;
- ustalenie, które czynniki i w jakim stopniu, wpływają na jakość tego procesu.

*Uzyskane informacje pozwolą na opracowanie metody dodawania konserwantu do zielonki, która zapewni uzyskanie kiszonki dobrej jakości.*

### 3. CEL I ZAKRES PRACY

#### 3.1. Sformułowanie problemu

Na podstawie analizy stanu wiedzy w zakresie jakości procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej przedstawionego w poprzednim rozdziale, autor sformułował następujące problemy badawcze.

1. *W którym miejscu sieczkarni zbierającej należy dodawać konserwant do zielonki, aby jakość procesu mieszania była jak najwyższa?*
2. *Czy parametry eksploatacyjne sieczkarni zbierającej (wydajność zbioru zielonki, teoretyczna długość sieczki) wpływają w istotny sposób na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej?*
3. *Jaki wpływ na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej wywierają właściwości zbieranej zielonki (wilgotność rośliny, gatunek roślin)?*

#### 3.2. Cel pracy

Celem pracy jest analiza i ocena jakości procesu mieszania konserwantu z zielonką w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą, przy uwzględnieniu następujących czynników: czynnik technologiczny (miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej), parametry eksploatacyjne sieczkarni (wydajność zbioru, teoretyczna długość sieczki), właściwości zbieranej rośliny (wilgotność, gatunek).

Podjmując się rozwiązania wyżej sformułowanych problemów badawczych, postawiono następującą hipotezę: Na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą ma wpływ zbiór wybranych czynników (miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej, wydajność zbioru, teoretyczna długość sieczki, wilgotność i gatunek zbieranej rośliny), z których można wydzielić podzbiory czynników oraz ustalić wielkość tego wpływu.

Poza spodziewanymi wartościami poznawczymi, podjęto próbę wykorzystania wyników badań do opracowania metody dodawania ciekłych konserwantów do zielonek w czasie ich zbioru sieczkarnią zbierającą.

### 3.3. Zakres pracy

Realizacja założonego celu wymagała przeprowadzenia następujących badań i analiz:

- opracowania metodyki badań;
- eksperymentalnego wyznaczenia wskaźników nierównomierności wymieszania konserwantu z zielonką i wielkości strat konserwantu niezbędnych do oceny jakości procesu mieszania;
- przeprowadzenia analizy matematycznej i oceny czynników mających istotny wpływ na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką;
- opracowania metody dodawania ciekłego konserwantu do zielonki w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą dla potrzeb krajowego rolnictwa;
- opracowanie wniosków przydatnych w badaniach naukowych i praktyce.

## 4. METODYKA BADAŃ

### 4.1. Schemat badań i plan eksperymentu

W zaplanowanym eksperymencie wielkościami zmiennymi niezależnymi były:

- miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej  $M$ ;
- wydajność zbioru zielonki  $Q$ ;
- teoretyczna długość sieczki  $L_t$ ;
- wilgotność rośliny  $W$ ;
- gatunek rośliny  $G$ .

Jako zmienną zależną przyjęto jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką  $J_m$ . Jakość procesu mieszania oceniano w oparciu o równomierność wymieszania konserwantu z zielonką oraz wielkość jego strat.

Na podstawie przyjętych założeń sformułowano funkcję celu do weryfikacji:

$$J_m = f(M, Q, L, W, G). \quad (8)$$

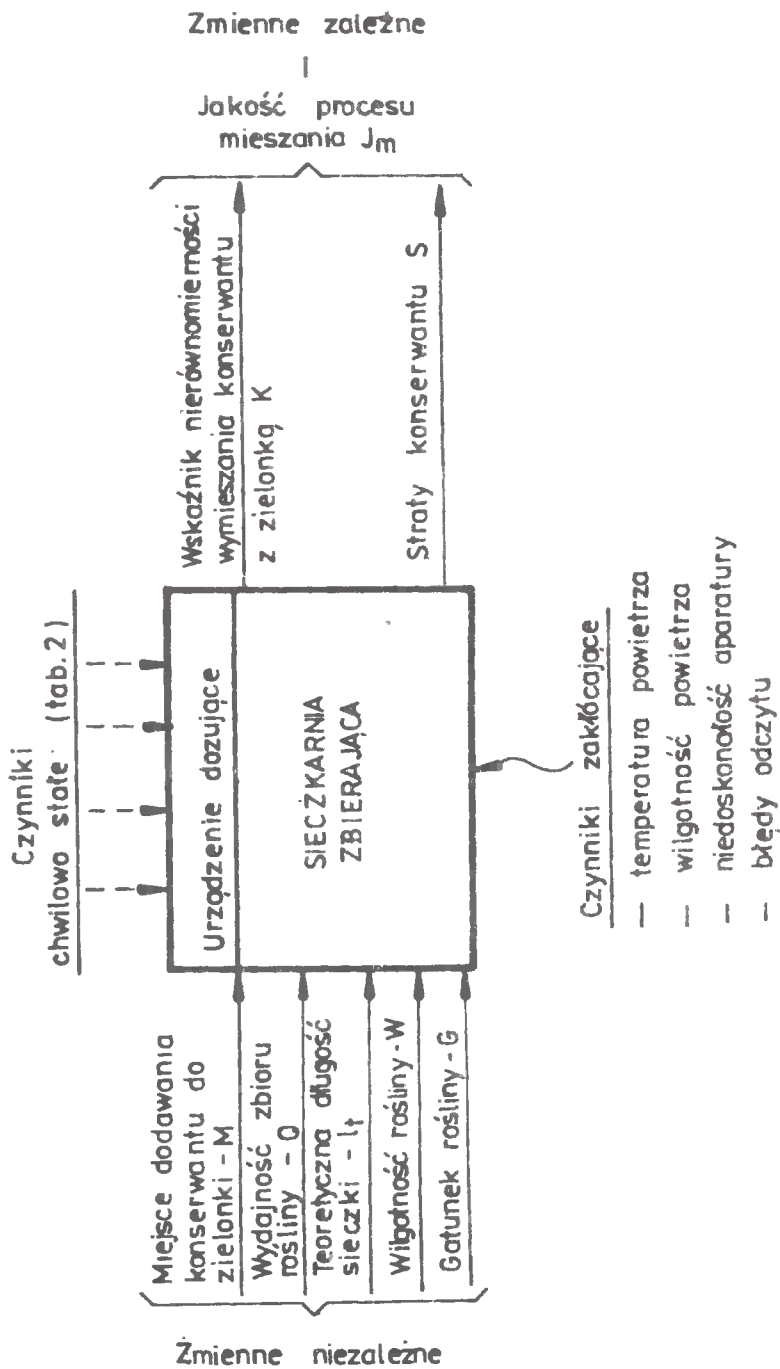
Zgodnie z przyjętą klasyfikacją zmiennych przyjęto schemat badań, uwzględniając czynniki zakłócające, które występowały w eksperymencie, na skutek zmian warunków zewnętrznych (temperatura i wilgotność powietrza, niedokładność przyrządów pomiarowych i błędy odczytów).

Schemat badań przedstawiono na rysunku 1.

Poziomy i wartości zmiennych niezależnych: miejsca dodawania konserwantu do zielonki  $M$ , wydajności zbioru rośliny  $Q$ , teoretyczne długości sieczki  $L_t$ , wilgotności rośliny  $W$ , zestawiono w tabeli 1. Wymienione poziomy i wartości zmiennych niezależnych przyjęto na podstawie literatury, wcześniej przeprowadzonych badań oraz parametrów eksploatacyjnych użytej w badaniach sieczkarni zbierającej.

Ponadto jako zmienną niezależną przyjęto gatunek rośliny  $G$  (koniczynę czerwoną, lucernę mieszańcową oraz trawę - życicę wielokwiatową) jako wielkość nie mierzalną.

Zgodnie z zasadami metodologii nauk empirycznych w oparciu o kryterium realizowalności, informatywności i efektywności przyjęto statyczny zdeterminowany monoselekcyjny plan doświadczenia [82, 91]. Badano kolejno wpływ poszczególnych zmiennych niezależnych na jakość procesu mieszania (równomierność wymieszania konserwantu z zielonką oraz wielkość jego strat) - zmienna zależna - ustalając chwilowo wartości pozostałych zmiennych niezależnych jako czynniki stałe (tab. 2).



Rys. 1. Schemat badań

Fig. 1. The research diagram



Tabela 1. Poziomy i wartości zmiennych niezależnych  
Table 1. The levels and values of independent variables

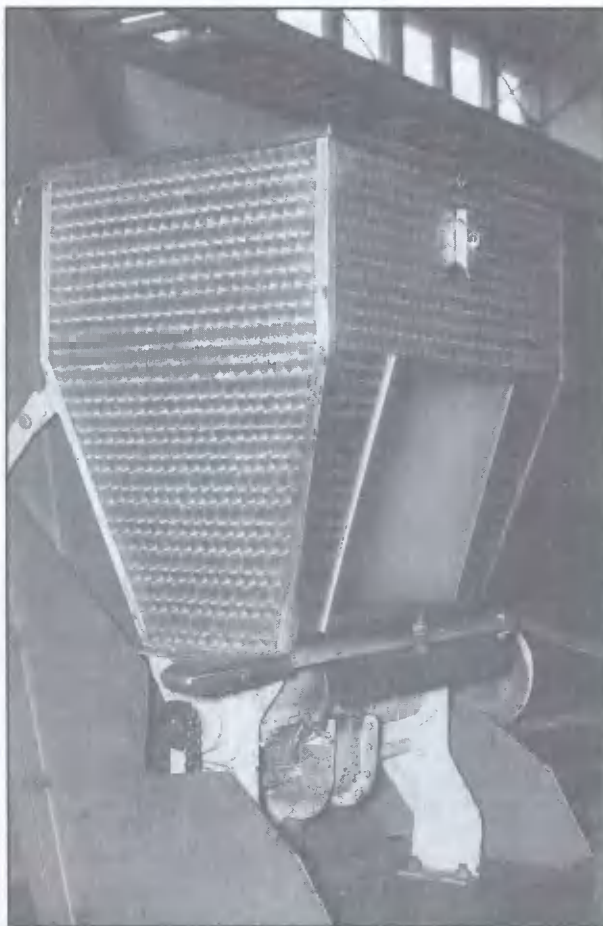
Zmienna niezależna Independent variable	Wartości zmiennych niezależnych The values of independent variables					Liczba poziomów Number of levels
Miejsce dodawania konserwantu do koniczyny w sietzkami The location where preservative is added to clover in chaff cutter $M - z_i$ (mm)	Przed zespo- łem walców ugniatających Before the unit of compacting rolles	W zespole roz- drabniającym In chopping unit	W dolnej części kanału wylotowego In bottom part of outlet channel	W środkowej części kanału wylotowego In central part of outlet channel	W górnej części kanału wylotowego In top part of outlet channel	5
	602	340	617	1630	2550	
Wydajność zbioru koniczyny Clover harvest output $\bar{Q}$ (t/h)	5,93	11,86	17,79	23,72	29,65	5
Teoretyczna długość sietki Theoretical chaff length $L_1$ (mm)	10	20	40	80		4
Wilgotność koniczyny Clover moisture $W$ (%)	79,9	74,7	69,6	66,2	59,4	5

Tabela 2. Wartość czynników chwilowo stałych  
Table 2. The values of temporarily constant factors

Zmienna niezależna Independent variable		Czynniki stałe - Constant factors		
Miejsce dodawania konserwantu do koniczyny w siewkarni The location where preservative is added to clover in chaff cutter $M$ (z; - mm)	Wydajność zbioru koniczyny Clover harvest output $Q = 17,6$ t/h	Teoretyczna długość siewki Theoretical chaff length $L_r = 10$ mm (średnia długość siewki $l = 25,1$ mm) (mean chaff length $l = 25,1$ mm)	Wilgotność koniczyny Clover moisture $W = 75,1$ %	
Wydajność zbioru koniczyny Clover harvest output $Q$ (t/h)	Miejsce dodawania - przed zespołem walców ugniatających Addition point - before unit of compacting rollers $z_1 = 602$ mm	Teoretyczna długość siewki Theoretical chaff length $L_r = 10$ mm (średnia długość siewki $l = 27,6$ mm) (mean chaff length $l = 27,6$ mm)	Wilgotność koniczyny Clover moisture $W = 78,2$ %	
Teoretyczna długość siewki Theoretical chaff length $L_r$ (mm)	Miejsce dodawania - przed zespołem walców ugniatających Addition point - before unit of compacting rollers $z_1 = 602$ mm	Wydajność zbioru koniczyny Clover harvest output $Q = 17,4$ t/h	Wilgotność koniczyny Clover moisture $W = 79,3$ %	
Wilgotność koniczyny Clover moisture $W$ (%)	Miejsce dodawania - przed zespołem walców ugniatających Addition point - before unit of compacting rollers $z_1 = 602$ mm	Teoretyczna długość siewki Theoretical chaff length $L_r = 10$ mm (średnia długość siewki $l = 25,8$ mm) (mean chaff length $l = 25,8$ mm)	Wydajność zbioru koniczyny Clover harvest output $Q = 17,7$ t/h	

## 4.2. Stanowisko badawcze

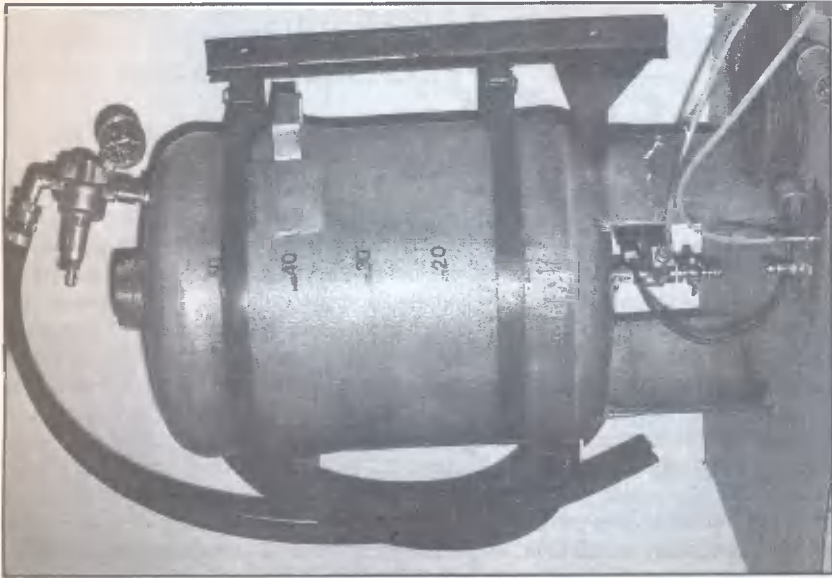
Na potrzeby eksperymentu mającego za zadanie realizację założonego celu pracy w Katedrze Maszyn Rolniczych i Spożywczych Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy wykonano wg projektu autora i in. [21, 32] patent nr 137950 i wzory użytkowe nr 42248 i 44149, urządzenia dozujące bębnowe i ślimakowe (rys.2 i 3) do konserwantów stałych oraz ciśnieniowe i grawitacyjne (rys.4 i 5) do konserwantów ciekłych.



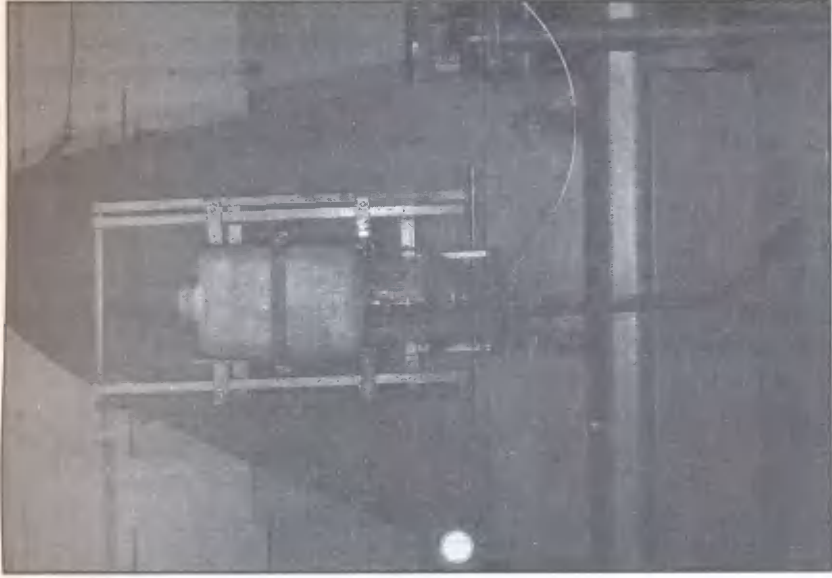
Rys.2. Bębnowe urządzenie dozujące konserwanty stałe  
Fig.2. Drum-type device for metering of solid preservatives



Rys.3. Ślimakowe urządzenie dozujące konserwanty stałe  
Fig.3. Screw-type device for metering of solid preservatives



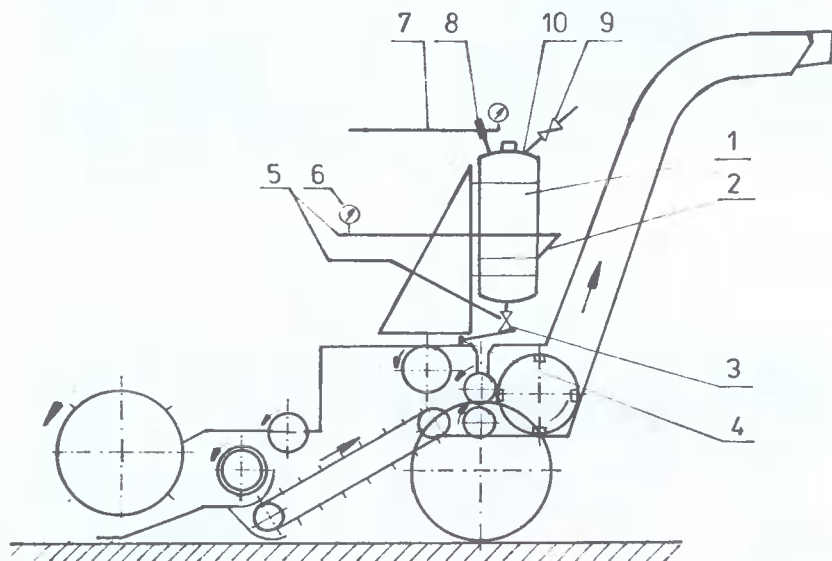
Rys.4. Ciśnieniowe urządzenie dozujące konserwanty ciekłe  
Fig.4. Pressure-type device for metering of liquid preservatives



Rys.5. Gravitacyjne (opadowe) urządzenie dozujące konserwanty ciekłe  
Fig.5. Gravitation (fall down) device for metering of liquid preservatives

Po określeniu charakterystyki techniczno-funkcyjnej i eksploatacyjnej wykonanych urządzeń dozujących do badań zasadniczych wytypowano ciśnieniowe urządzenie dozujące do konserwantów ciekłych (rys.4). Urządzenie to charakteryzowało się największą równomiernością i regularnością w dozowaniu konserwantu. Szczegółowe wyniki tych badań opublikowano we wcześniejszych pracach autora [15, 27, 32].

Istota tego urządzenia (rys.6) polega na tym, że jest ono wyposażone w przewód wysokociśnieniowy, którego jeden koniec umieszczono w pokrywie zbiornika na konserwant, a drugi połączono z instalacją pneumatyczną ciągnika. Doprowadza ona sprężone powietrze, poprzez reduktor z manometrem i zaworem bezpieczeństwa, ponad poziom cieczy w zbiorniku. Urządzenie ma ponadto zawór elektromagnetyczny usytuowany na przewodzie doprowadzającym konserwant pod ciśnieniem do wymiennej dyszy, połączony przewodem elektrycznym z akumulatorem ciągnika.



Rys.6. Schemat ciśnieniowego urządzenia dozującego konserwanty ciekłe nbudowanego na sieczkarni zbierającej: 1 - zbiornik, 2 - czujnik poziomu konserwantu, 3 - elektromagnetyczny zawór odcinający, 4 - dysza, 5 - przewody elektryczne czujnika poziomu konserwantu i zaworu elektromagnetycznego, 6 - dwustanowy wskaźnik poziomu konserwantu, 7 - przewód doprowadzający sprężone powietrze z instalacji pneumatycznej ciągnika, 8 - reduktor z manometrem i zaworem bezpieczeństwa, 9 - zawór odpowietrzania zbiornika, 10 - pokrywa zbiornika wraz z korkiem wlewu

Fig.6. The diagram of pressure - type device designed for metering of liquid preservatives, which is installed on a collecting chaff cutter: 1 - tank, 2 - preservative level detector, 3 - solenoid cut-off valve, 4 - nozzle, 5 - electric cables for preservative level detector and solenoid valve, 6 - two-state preservative level indicator, 7 - pipe to supply compressed air from tractor's, pneumatic installation, 8 - pressure reducer with pressure gauge and safety valve, 9 - tank vent valve, 10 - tank cover with filler plug

Konserwant zostaje wyparty ze zbiornika pod wpływem ciśnienia sprężonego powietrza (0,04÷0,06 MPa), działającego na górną powierzchnię cieczy w zbiorniku. Stąd - poprzez zawór elektromagnetyczny - przepływa do dyszy, skąd w postaci cienkiej strugi, doprowadzany jest do miejsca jego mieszania z zielonką.

W siewczkarni zbierającej w wyniku oddziaływania na strumień cieczy noży zespołu rozdrabniającego, a następnie mieszaniny rozdrobnionej zielonki i powietrza następuje rozbitcie cieczy na krople, które przemieszczając się w tej mieszaninie, zwilżają zielonkę. Nie ma zatem potrzeby instalowania dysz rozpylających konserwant pod ciśnieniem (co znacznie obniża koszt urządzenia dozującego).

Regulację ilości podawanego konserwantu uzyskiwano przez wymianę dysz o różnej wydajności (w wyposażeniu urządzenia znajduje się 12 wymiennych dysz o różnej średnicy otworu wylotowego - 0,6; 0,8; 1,0; 1,1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,0; 2,3; 2,5; 3,0; 3,5 mm) i dodatkowo poprzez zmianę ciśnienia sprężonego powietrza. Wskaźnik nierównomierności dozowania konserwantu dla użytych w badaniach dysz nie przekraczał 2%. Szczegółowe wyniki badań oceny równomierności dozowania konserwantów przez różne urządzenia dozujące przedstawiono we wcześniejszych pracach autora [27, 32].

W skład stanowiska badawczego weszły następujące urządzenia:

- ciągnik Ursus C-360;
- przyczepiana siewczkarnia zbierająca "Z-305" z nabudowanym ciśnieniowym urządzeniem dozującym do konserwantów ciekłych, opisanym powyżej;
- przyczepa skrzyniowa z nadstawkami burtowymi RT-41H.

Widok agregatu w czasie badań przedstawiono na rysunku 7.

#### 4.2.1. Miejsce dodawania konserwantu do zielonki w siewczkarni zbierającej

Miejsca dodawania konserwantu do zielonki w siewczkarni zbierającej (rys.8) określono z zależności:

$$z_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad \text{mm}, \quad (9)$$

gdzie:

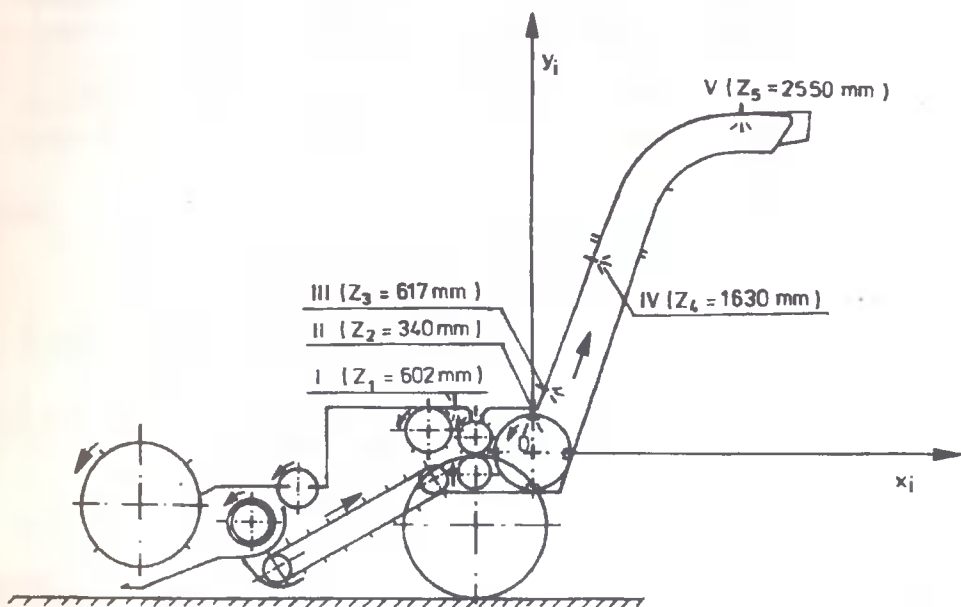
- $z_i$  - odległość miejsca dodawania ( $x_i, y_i$ ) od środka układu współrzędnych prostokątnych przechodzących przez oś bębna nożowego siewczkarni, mm;
- $x_i, y_i$  - współrzędne prostokątne i-tego miejsca, mm.

Dyszę wylotową urządzenia dozującego instalowano w osi symetrii siewczkarni, w pięciu różnych miejscach (rys.8), z której konserwant w postaci cienkiej strugi cieczy (pod ciśnieniem 0,04-0,06 MPa) wprowadzany był prostopadle do strumienia przepływu zielonki w siewczkarni.



Rys.7. Widok agregatu w czasie badań  
Fig.7. The view of aggregate during work





Rys. 8. Miejsca dodawania konserwantu do zielonki w siewczarni zbierającej: I - przed zespołem walców ugniatających, II - w zespole rozdrabniająjącym, III - w dolnej części kanału wylotowego siewczarni, IV - w środkowej części kanału wylotowego, V - na końcu kanału wylotowego,  $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$  - odległości miejsca dodawania konserwantu do zielonki ( $x_i, y_i$ ) od środka układu współrzędnych prostokątnych przechodzących przez oś bębna nożowego siewczarni

\* - dyszę umieszczono w osi symetrii siewczarni

Fig. 8. The location where the preservative is added to the green fodder in a collecting chaff cutter: I - before the compacting rollers unit, II - in the chopping unit, III - in the bottom part of chaff cutter outlet channel, IV - in the central part of chaff cutter outlet channel, V - at the end of outlet channel  $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$  - these are the distances between the location where preservatives is added to green fodder ( $x_i, y_i$ ) and the origin of cartesian coordinate system, which is located in the axis of the chaff cutter chopping roller

\* - the nozzle was located in the chaff cutter axis of symmetry

#### 4.3. Charakterystyka użytych w badaniach materiałów

Materiałem roślinnym stosowanym w badaniach była koniczyna czerwona (*Trifolium pratense*) I pokosu w fazie początek kwitnienia, o średniej długości łodyg przed rozdrobnieniem 541 mm. Pozostałe wielkości charakteryzujące koniczynę czerwoną przedstawiono w tabeli 2.

W przypadku badania wpływu różnych gatunków roślin na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką, materiałami roślinnymi stosowanymi w badaniach były ponadto: lucerna mieszańcowa (*Medicago media*) oraz trawa - życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum*) I pokosu w fazie początek kwitnienia (tab. 3).

Jako konserwant stosowano benzoosan sodu w stanie ciekłym o następujących właściwościach fizycznych: temperatura konserwantu  $20^{\circ}\text{C}$ , gęstość  $1129 \text{ kg/m}^3$ , lepkość dynamiczna  $8,3526 \text{ Ns/m}^2$ , napięcie powierzchniowe  $0,0204 \text{ Ns/m}$ .

Benzoosan sodu dodawano do koniczyny czerwonej i lucerny mieszańcowej w ilości 0,4% (4 kg na tonę zielonki) i 0,3% (3 kg na tonę zielonki) do życicy wielokwiatowej [85, 87].

Tabela 3. Charakterystyka materiałów roślinnych  
Table 3. Characteristics of vegetable material

Gatunek rośliny Plant species (G)	Wilgotność Moisture $W$ (%)	Wydajność zbioru Harvest output $Q$ (t/h)	Średnia długość roślin przed rozdrobieniem Mean plant length before chopping $l_p$ (mm)	Średnia długość sieczeni Mean chaff length $l$ (mm)
Koniczyna czerwona Red clover	77,7	23,8	529	26,9
Lucerna mieszańcowa Hybrid lucerne	77,0	23,6	875	28,8
Życica wielokwiatowa Multiflorous damel	77,6	17,8	685	30,7

#### 4.4. Opis zastosowanych technik pomiarowych

##### 4.4.1. Ocena równomierności wymieszania benzoosan sodu z zielonką oraz ustalenie wielkości jego strat

Równomierność wymieszania benzoosan sodu z koniczyną czerwoną oraz wielkość jego strat oceniano w oparciu o oznaczanie ilościowe kwasu benzooesowego zawartego w reprezentatywnych próbkach zielonki. próbki pobierano z 12 różnych miejsc przyczepy (wpływ miejsca dodawania konserwantu do zielonki) oraz z 5 różnych miejsc (według schematu pojedynczej koperty) dla pozostałych zmiennych. próbki pobierano zgodnie z obowiązującą normą BN-74-9162-01.

Oznaczenie ilościowe kwasu benzooesowego w próbkach zielonki przeprowadzono metodą spektrofotometryczną [80]. Metoda ta polega na tym, że reprezentatywne próbki zielonki rozdrobione w mikserze poddaje się kilkukrotnej ekstrakcji eterem etylowym. Następnie wykreśla się krzywe absorpcji (wzorcowe) kwasu benzooesowego oraz widma eteru z zawartością kwasu benzooesowego i oblicza się jego stężenie. Jako wynik oznaczania przyjmuje się średnią z dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się między sobą więcej niż 0,01%. Do badań użyto spektrofotometru FD 1150. Dokładność oznaczania wynosiła 3%.

Równomierność wymieszania benzoesu sodu z zielonąką charakteryzowano za pomocą wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z zielonąką (współczynnik zmienności):

$$K = \frac{\delta}{x_{sr}} \quad \%, \quad (10)$$

gdzie:

- $K$  - wskaźnik nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z zielonąką (współczynnik zmienności), %;
- $\delta$  - odchylenie standardowe, g/kg zielonki;
- $x_{sr}$  - średnia arytmetyczna zawartość benzoesu sodu w zielonke, g/kg zielonki.

Wielkość strat benzoesu sodu określono z zależności:

$$S = \frac{m_b - x_{sr}}{m_b} \cdot 100\% \quad \%, \quad (11)$$

gdzie:

- $S$  - straty benzoesu sodu, %;
- $m_b$  - masa zadana benzoesu sodu, g/kg zielonki;
- $x_{sr}$  - średnia arytmetyczna zawartość benzoesu sodu w zielonke, g/kg zielonki.

#### 4.4.2. Określenie wydajności zbioru zielonek oraz ich wilgotności

Przed przystąpieniem do badań wyznaczono za pomocą tyczek odcinki pomiarowe o długości 100 m. Na odcinkach tych układano ręcznie wałki materiałów roślinnych tak, aby charakteryzowały się równą wysokością i szerokością oraz równomiernym rozłożeniem masy na całej ich długości (3 kg/mb wałka koniczyny przy  $J_m = f(M, L, W)$ ; 1, 2, 3, 4, 5 kg/mb wałka koniczyny przy  $J_m = f(Q)$  i 4 kg/mb wałka koniczyny i lucerny oraz 3 kg/mb wałka życicy wielokwiatowej przy  $J_m = f(G)$ ). Następnie uruchamiano agregat i przejeżdżano odcinek pomiarowy, mierząc czas jego przejazdu. Agregat poruszał się z prędkością wynikającą z wymagań agrotechnicznych przy zbiorze zielonek na kisonki (1,65 m/s - 5,94 km/h przy poślizgu nie przekraczającym 3% [102]).

Wydajność zbioru zielonki określono według wzoru:

$$Q = 3,6 \frac{q}{t} \quad \text{t/h}, \quad (12)$$

gdzie:

- $Q$  - wydajność zbioru, t/h;
- $q$  - masa materiału z wałki o długości 100 m, kg;
- $t$  - czas przejazdu przez agregat odcinka o długości 100 m, s.

Długość odcinka pomiarowego mierzono taśmą mierniczą z dokładnością do 1 cm. Czas przejazdu odcinka pomiarowego mierzono stoperem z dokładnością do 0,1 s. Masę wałka roślinnego ważono z dokładnością do 200 g.

Wilgotność materiałów roślinnych użytych w badaniach określano metodą suszarkowo-wagową według PN-76/R-64752.

#### 4.4.3. Określenie średniej długości roślin przed rozdrobieniem oraz długości sieczki

Teoretyczna długość sieczki  $L_t$  jest wprost proporcjonalna do prędkości zasilania (dostarczania) warstwy materiału i odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości cięcia:

$$L_t = \frac{6 \cdot 10^4 V_z}{n_z \cdot z} \quad \text{mm}, \quad (13)$$

gdzie:

$V_z$  - prędkość zasilania, m/s;

$n_z$  - prędkość obrotowa noży, obr/min;

$z$  - liczba noży.

Rzeczywista długość sieczki zawsze mniej lub bardziej różni się od teoretycznej.

Dla określenia średniej długości roślin przed i po rozdrobieniu (sieczki) pobierano losowo 100 sztuk łodyg i źdźbeł. Każdy pobrany odcinek mierzono z dokładnością do 1 mm, a następnie wszystkie odcinki podzielono na 10 klas długości, w tym również pociętych liści. Średnią długość materiałów roślinnych przed i po rozdrobieniu obliczono ze wzoru [54]:

$$l = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \bar{x}_i \cdot n_i}{100} \quad \text{mm}, \quad (14)$$

gdzie:

$l$  - średnia długość sieczki dla wszystkich klas, mm;

$i$  - liczba klas;

$n$  - końcowy numer klasy;

$\bar{x}_i$  - średnia długość odcinków sieczki w poszczególnych klasach, mm;

$n_i$  - liczba odcinków średniej długości sieczki w danej klasie.

#### 4.5. Opis toku eksperymentu

Przed każdą serią badań skoszono odpowiednią ilość rośliny, którą następnie układano ręcznie w wały na odcinku pomiarowym tak, aby charakteryzowały się równomiernym rozłożeniem masy na całej ich długości. Dla obliczonej wydajności zbioru (tab. 1 i 3) dobierano dyszę dozownika (tok postępowania opisano w podroz-

dziale 4.2), aby wydajność dozowania wynosiła 4 kg benzoesu sodu na tonę kończyny czerwonej oraz lucerny mieszańcowej i 3 kg benzoesu sodu na tonę życicy wielokwiatowej [85, 87]. Następnie uruchamiano agregat i przejeżdżano odcinek pomiarowy z ustaloną wcześniej prędkością, mierząc czas jego przejazdu. Końcówką kanału wylotowego sterowano tak, aby na całej powierzchni przyczepy równomiernie rozłożyć rozdrobnioną zielonkę. Następnie z przyczepy pobierano reprezentatywne próbki zielonki przeznaczone do określania ich wilgotności, ilościowego oznaczania kwasu benzoesowego oraz rzeczywistej długości siczki.

Badania przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

#### 4.6. Matematyczne opracowanie wyników badań i analiza błędów

Wyniki badań z przeprowadzonego eksperymentu poddano obliczeniom w arkuszu kalkulacyjnym Quatro-Pro na komputerze IBM-386DX. Obliczono współczynniki korelacji i wyznaczono równania regresji. Następnie współczynniki korelacji testowano ze względu na jego istotność [43].

Uzyskane wyniki badań dotyczące wpływu różnych gatunków roślin na jakość procesu mieszania poddano analizie wariancji. Hipotezy zerowe weryfikuje test  $F$  na poziomie istotności 0,05 i 0,01. Obliczenia prowadzono według programu opracowanego w języku FORTRAN na mikrokomputerze SM-1420. Istotność różnic między grupami oceniano wielokrotnym testem rozstępu Duncana [104].

Analizę błędów pomiarowych przeprowadzono w oparciu o metodę szacunku błędów systematycznych i losowych przedstawioną w pracy Hänsla [48].

Poszczególne serie pomiarów wykonano za pomocą tych samych przyrządów i z tą samą dokładnością. Zgodnie zatem z teorią błędu maksymalnego za pomocą średniej arytmetycznej wyznaczono wartość  $x$ . Błąd wartości średniej oszacowano biorąc pod uwagę dokładność przyrządu i staranność przeprowadzenia pomiaru. Błąd średniej obejmował zatem zarówno błędy przypadkowe, jak i systematyczne [48, 82]. Maksymalne błędy pomiarów zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wykaz pomiarów oraz maksymalne błędy pomiarów  
 Table 4. The list of measurements and maximum measurement errors

Pomiar Measurement	Oznaczenie Designation	Maksymalny błąd względny Maximum relative error $\frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%$
<b>Pomiary kontrolne</b> <b>Control measurement</b>		
Temperatura otoczenia Ambient temperature	$T_o$	0,10
Wilgotność materiału Material moisture	$W$	0,40
<b>Pomiary bezpośrednio mierzone</b> <b>Direct measurements</b>		
Masa materiału z walka o długości 100 m Weight of material from the 100 m long roller	$q$	1,00
Czas przejazdu przez agregat odcinka o długości 100 m Time of aggregate's travel on 100 m length	$t$	0,10
<b>Wielkości wyliczone</b> <b>Calculated magnitudes</b>		
Wydajność zbioru Harvest output	$Q$	1,5
Średnia długość siewki Mean chaff length	$l$	5

#### 4.7. Miejsce realizacji eksperymentu

Zasadniczą część eksperymentu zrealizowano w katedrze Maszyn Rolniczych i Spożywczych ATR w Bydgoszczy oraz gospodarstwie indywidualnym na terenie woj. bydgoskiego. Oznaczenie ilościowe kwasu benzoowego w próbkach zielonki przeprowadzono w laboratorium Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej ATR w Bydgoszczy. Matematyczne opracowanie otrzymanych wyników badań wykonano przy konsultacji pracowników Zakładu Techniki Cyfrowej i Elektronicznej Techniki Obliczeniowej ATR w Bydgoszczy.

## 5. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Proces mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej jest zjawiskiem złożonym, na jakość którego wpływa wiele różnych czynników. Założono, że na jakość tego procesu mają wpływ następujące czynniki: miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej  $M$ , wydajność zbioru zielonki  $Q$ , teoretyczna długość sieczki  $L_t$ , wilgotność rośliny  $W$ , gatunek rośliny  $G$ .

Czynniki te tworzą więc następujący zbiór:

$$J_m = \{M, Q, L_t, W, G\}. \quad (15)$$

Ze względu na charakter czynników do ich analizy wyodrębniono ze zbioru (15) podzbiory:

$$J_{m1} = \{M\}, \quad (16)$$

$$J_{m2} = \{Q, L_t\}, \quad (17)$$

$$J_{m3} = \{W, G\}. \quad (18)$$

Mamy więc:

$$J_m = J_{m1} \cup J_{m2} \cup J_{m3}. \quad (19)$$

Rozpatrzmy zatem kolejno czynniki podzbioru  $J_{m1}$ ,  $J_{m2}$ ,  $J_{m3}$ .

### 5.1. Miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej - podzbiór $J_{m1}$

Wyniki oznaczeń zawartości benzoesu sodu w próbkach zielonki dla pięciu różnych miejsc dodawania go do zielonki w sieczkarni zbierającej przedstawiono w tabeli 5. W oparciu o dane zawarte w tej tabeli obliczono wskaźniki nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z zielonką  $K$ , których histogram przedstawiono na rysunku 9.

Jak wynika z rysunku 9, przy dodawaniu benzoesu sodu do zielonki przed zespołem walców ugniatających, wskaźnik nierównomierności  $K$  wynosił 11,6%. Zbliżone wyniki uzyskano dodając konserwant do zielonki w zespole rozdrabniającym sieczkarni i w dolnej części kanału wylotowego. Wskaźnik nierównomierności wymieszania  $K$  wynosił odpowiednio 12,2% i 12,8%. Dodawanie benzoesu sodu do zielonki w środkowej części kanału wylotowego spowodowało, że wartość wskaźnika  $K$  wyraźnie różniła się od powyższych. Wskaźnik ten wynosił





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
W dolnej części kanału wylotowego sieczkarni In bottom part of chaff cutter outlet channel (III) 617	2,914	3,105	4,120	2,895	3,290	3,130	3,120	3,617	2,940	4,038	3,013	3,191	3,281
W środkowej części kanału wylotowego sieczkarni In central part of chaff cutter outlet channel (IV) 1630	2,615	3,825	2,327	2,414	1,820	2,107	3,987	2,765	2,005	3,674	2,893	2,208	2,720
Na końcu kanału wylotowego sieczkarni At the end of chaff cutter outlet channel (V) 2550	3,424	2,838	2,891	1,480	3,462	1,538	1,812	2,416	3,310	3,190	2,990	2,846	2,683

\* Dane zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się między sobą więcej niż 0,01%

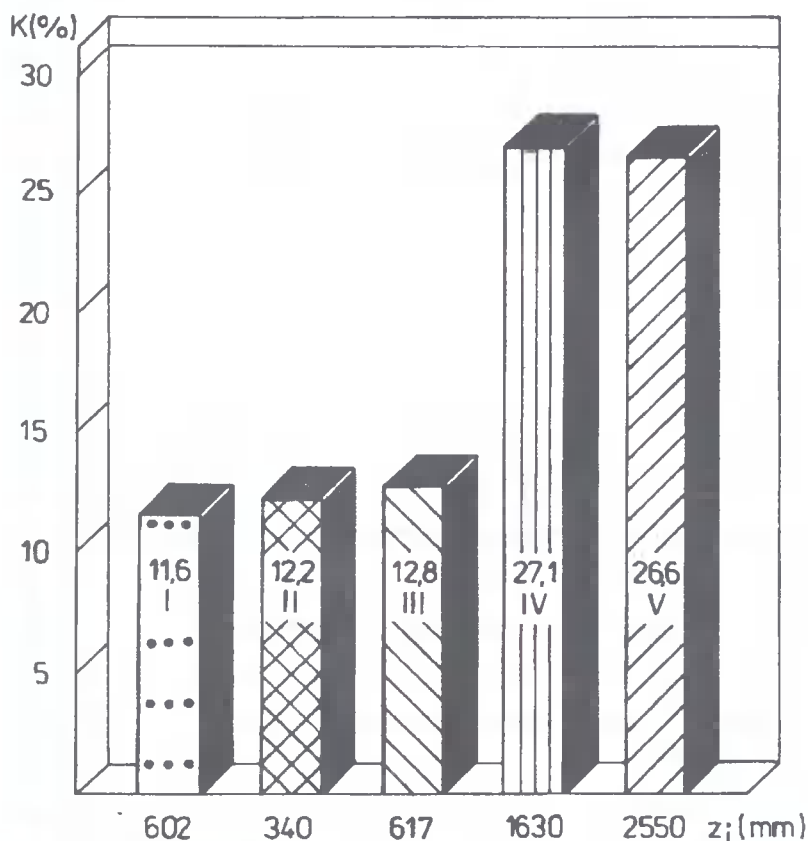
\* The data included in the table are the arithmetic mean values referring to two parallel determinations, the difference of which is not more than 0,01%

27,1% i był około 2,3 raza większy niż w przypadku dodawania konserwantu do zielonki przed zespołem walców ugniatających. Zbliżoną wartość wskaźnika  $K = 26,6\%$  uzyskano, dodając konserwant do zielonki w końcowej części kanału wylotowego siewkarni.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że funkcja  $K(z_i)$  (dla  $z_i$  wyrażonego w mm), jest istotna statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$ , przyjmując następującą postać:

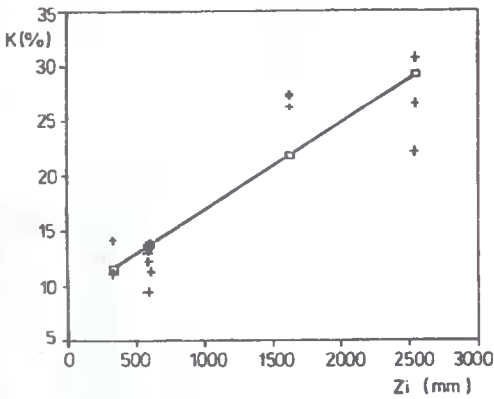
$$K(z_i) = 0,007952z_i + 8,898198 . \quad (20)$$

Wartość współczynnika korelacji dla równania (20) wynosi  $r = 0,891$ . Funkcję (20) charakteryzuje prosta na rysunku 10.



Rys.9. Histogram rozkładu wartości wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoesanu sodu z koniczyną  $K$  w zależności od miejsca dodawania go do zielonki w siewkarni zbierającej  $z_i$

Fig.9. The chart of distribution of non-uniformity factor of intermixing the sodium benzoate with clover  $K$  depending on location where it is added to green fodder in a collecting chaff cutter  $z_i$



Rys. 10. Przebieg funkcji:  $K(z_i) = 0,007952z_i + 8,898198$

Fig. 10. The run of function:  $K(z_i) = 0,007952z_i + 8,898198$

Z przeprowadzonych badań wynika, że największe straty benzoesu sodu wystąpiły w przypadku dodawania go do zielonki w środkowej i górnej części kanału wylotowego siewczarni - odpowiednio 34% i 33%. Natomiast dodawanie konserwantu do zielonki przed zespołem walców ugniatających, do zespołu rozdrabniającego i dolnej części kanału wylotowego, spowodowały straty dużo mniejsze: 11,7%, 11,2% i 18% (rys. 11).

Obliczenia wykazały, że funkcja  $S(z_i)$  jest istotna na poziomie  $\alpha = 0,001$ , przyjmując następującą postać:

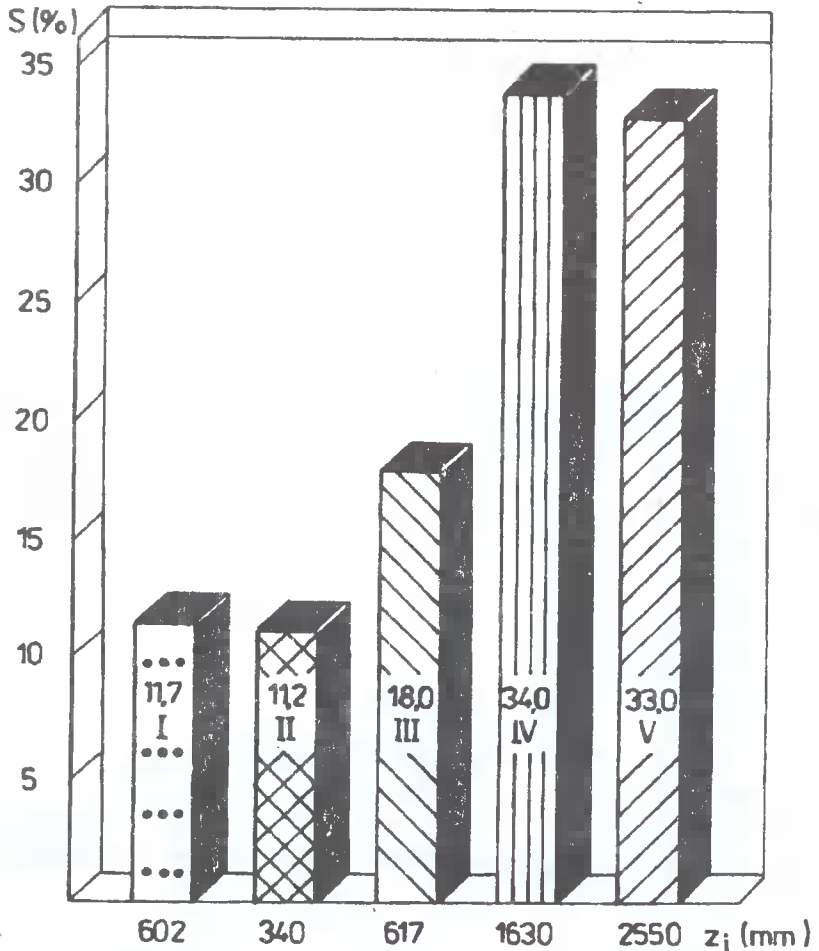
$$S(z_i) = 0,010992z_i + 8,955949. \quad (21)$$

Wartość współczynnika korelacji dla równania (21) wynosi  $r = 0,866$ . Funkcję (21) charakteryzuje prosta na rysunku 12.

Reasumując, można stwierdzić, że miejsce dodawania konserwantu do zielonki w siewczarni zbierającej, jest czynnikiem wpływającym na równomierność wymieszania konserwantu z zielonką oraz na wielkość jego strat, a regresje te są wysokoistotne statystycznie ( $\alpha = 0,001$ ).

Można to wytłumaczyć tym, że konserwant w postaci cienkiej strugi cieczy, dodawany do zielonki w kanale wylotowym siewczarni podlega intensywnemu zawirowaniu i rozbićiu na krople o różnej średnicy. Rozbicie cieczy na krople i mieszanie się ich z rozdrobnioną zielonką jest bardzo skomplikowane i z racji zakresu zmian wartości liczbowych czynników warunkujących przebieg badanego procesu, trudne do opisu matematycznego. Proces tworzenia się kropeł z pewnym uproszczeniem zgodny jest z teorią tworzenia się kropeł w rozpylaczach pneumatycznych, z tym, że w kanale tym, ciecz rozbijana jest na krople w wyniku zderzeń z mieszaniną rozdrobnionej zielonki i powietrza. Część rozbitego w kanale konserwantu, szczególnie krople o mniejszej średnicy, zawieszona w strumieniu powietrza, uchodzą na zewnątrz, poza obręb przyczepy. Wprowadzenie natomiast konserwan-

tu do zielonki pod zespołem walców ugniatających lub do zespołu rozdrabniającego powoduje, że konserwant wcześniej zwilża i miesza się z zielonką, zanim przedostanie się do kanału wylotowego.

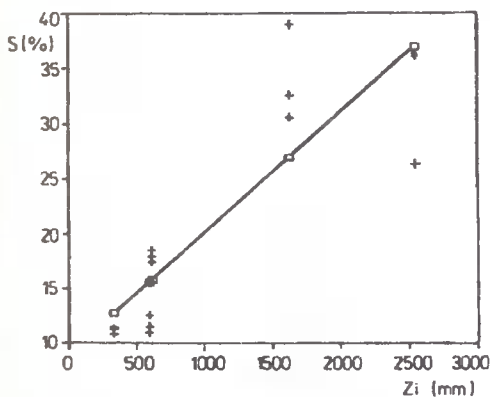


Rys.11. Histogram rozkładu wielkości strat benzooesanu sodu  $S$  w zależności od miejsca dodawania go do zielonki w siewkarni zbierającej  $z_i$

Fig.11. The chart of distribution of sodium benzoate losses  $S$  depending on location where it is added to the green fodder in a collective chaff cutter  $z_i$

Potwierdzeniem uzyskanych wyników badań jest ocena jakościowa kiszonek, której szczegółowe wyniki opublikowano we wcześniejszej pracy autora [29]. Z badań tych wynika, że najwyższą ocenę punktową według skali Fliega-Zimmera uzyskały kiszonki, sporządzone z zielonek, do których konserwant dodawano przed zespołem walców ugniatających, do zespołu rozdrabniającego oraz w dolnej części

kanalu wylotowego siewczarni. Kiszunki te uzyskały odpowiednio 84; 91; 91 punktów wg skali Fliega-Zimmera i zostały sklasyfikowane jako bardzo dobre.



Rys. 12. Przebieg funkcji:  $S(z_i) = 0,010992z_i + 8,955949$

Fig. 12. The run of function:  $S(z_i) = 0,010992z_i + 8,955949$

## 5.2. Wydajność zbioru zielonki, teoretyczna długość siewczki - podzbiór $J_{m2}$

W tabeli 6 przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości benzoesu sodu w próbkach zielonki dla pięciu różnych wydajności zbioru koniczyny czerwonej. Najniższą wartość wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z koniczyną czerwoną  $K = 11,2\%$  uzyskano dla największej zastosowanej w badaniach wydajności zbioru  $Q = 29,65$  t/h. Natomiast najwyższą wartość wskaźnika nierównomierności wymieszania  $K = 14,5\%$ , uzyskano przy najmniejszych wydajnościach zbioru koniczyny  $Q = 5,93$  t/h i  $Q = 11,86$  t/h - wzrost o około 29,5% (rys. 13).

W wyniku analizy matematycznej stwierdzono, że funkcja  $K(Q)$  (dla  $Q$  wyrażonego w t/h), jest istotna statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$ , przyjmując następującą postać:

$$K(Q) = -0,12929Q + 15,67333. \quad (22)$$

Wartość współczynnika korelacji dla równania (22) wynosi  $r = 0,809$ . Funkcję (22) charakteryzuje prosta na rysunku 14.

Najmniejsze straty benzoesu sodu w ilości 17,1% (rys. 15) wystąpiły przy największej wydajności zbioru koniczyny  $Q = 29,65$  t/h, osiągając wartość największą 21,4% przy  $Q = 11,86$  t/h (wzrost o 25,1%).

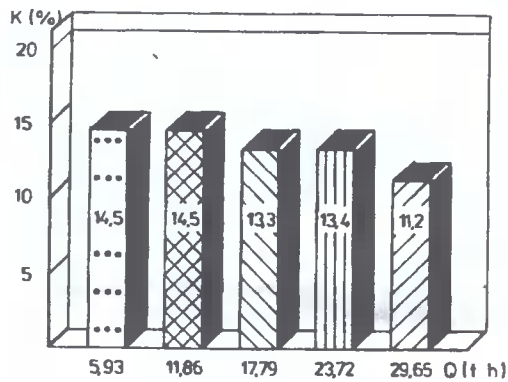
Tabela 6. Zawartość benzoianu sodu w próbkach zielonki z koniczyny czerwonej (wyniki zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną z trzech przyczep)

Table 6. Sodium benzoate content in samples of green fodder made of red clover (the results included in the table are the arithmetic mean values of three trailers)

Wydajność zbioru koniczyny Clover harvest output $Q$ (t/h)	Zawartość benzoianu sodu (g/kg zielonki)* Sodium benzoate content (g/kg of green fodder)*					Średnia arytmetyczna Arithmetic mean value $\bar{x}_{sr}$
	Nr kolejny próbki Sample number					
	1	2	3	4	5	
5,93	3,048	2,750	3,002	4,015	3,004	3,164
11,86	2,960	2,660	4,005	2,980	3,110	3,143
17,79	3,005	2,980	2,840	3,100	3,980	3,181
23,72	3,001	4,050	2,860	3,000	3,100	3,202
29,65	3,480	2,970	3,130	3,030	3,970	3,316

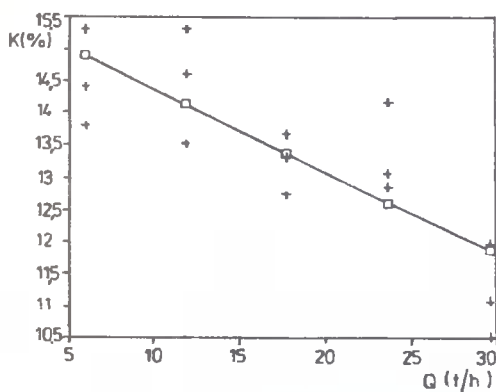
\* Dane zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się między sobą więcej niż 0,01%

\* The data included in table are the arithmetic mean values referring to two parallel determinations, the difference of which is not more than 0,01%



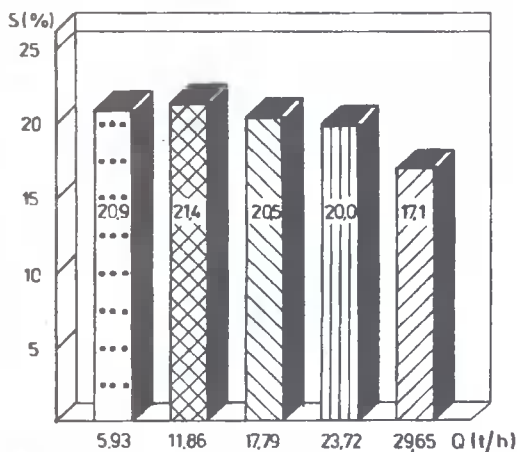
Rys.13. Histogram rozkładu wartości wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoianu sodu z koniczyną  $K$  w zależności od wydajności jej zbioru  $Q$

Fig.13. The chart of distribution of non-uniformity factor of intermixing the sodium benzoate with clover  $K$  depending on harvesting output  $Q$



Rys.14. Przebieg funkcji:  $K(Q) = -0,12929Q + 15,67333$

Fig.14. The run of function:  $K(Q) = -0,12929Q + 15,67333$



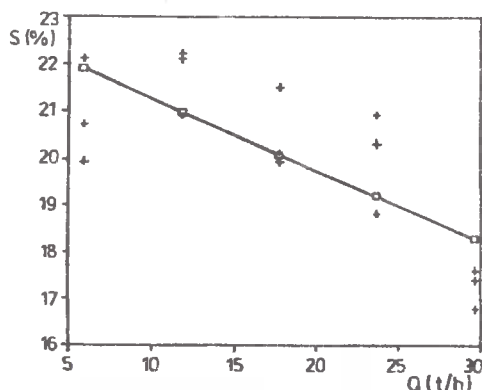
Rys.15. Histogram rozkładu wielkości strat benzoianu sodu  $S$  w zależności od wydajności zbioru koniczyny czerwonej  $Q$

Fig.15. The chart of distribution of sodium benzoate losses  $S$  depending on red clover harvesting output  $Q$

Funkcja  $S(Q)$ , jest istotna statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$ , przyjmując następującą postać:

$$S(Q) = -0,15177Q + 22,78. \quad (23)$$

Wartość współczynnika korelacji dla równania (23) wynosi  $r = 0,758$ . Funkcję (23) charakteryzuje prosta na rysunku 16.

Rys.16. Przebieg funkcji:  $S(Q) = -0,15177Q + 22,78$ Fig.16. The run of function:  $S(Q) = -0,15177Q + 22,78$ 

Wyniki oznaczeń zawartości benzoesu sodu w próbkach zielonki dla czterech różnych teoretycznych długości siczki przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Zawartość benzoesu sodu w próbkach zielonki z koniczyny czerwonej (wyniki zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną z trzech przyczep)

Table 7. Sodium benzoate content in samples of green fodder made of red clover (the results included in the table are the arithmetic mean values of three trailers)

Teoretyczna długość siczki Theoretical chaff length $L_t$ (mm)	Zawartość benzoesu sodu (g/kg zielonki)* Sodium benzoate content (g/kg of green fodder)*					Średnia arytmetyczna Arithmetic mean value $\bar{x}_{sr}$
	Nr kolejny próbki Sample number					
	1	2	3	4	5	
10	3,760	3,170	3,880	3,860	2,820	3,498
20	2,880	3,690	3,450	3,150	3,980	3,430
40	2,870	3,100	4,010	3,010	3,090	3,216
80	3,370	2,970	3,100	3,130	3,990	3,312

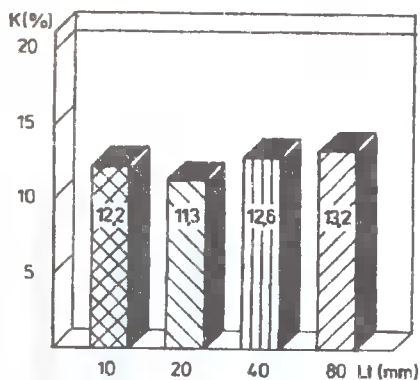
\* Dane zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się między sobą więcej niż 0,01%

\* The data included in table are the arithmetic mean values referring to two parallel determinations, the difference of which is not more than 0,01%

Dla nastawionej teoretycznej długości siczki  $L_t = 10; 20; 40; 80$  mm, średnia rzeczywista długość siczki była większa od teoretycznej odpowiednio 2,86; 2,42; 2,36; 2,10 raza ( $l_{sr} = 28,6; 48,4; 94,4; 168$  mm). Najniższa wartość wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z koniczyną  $K = 11,3\%$  uzyska-



no dla teoretycznej długości siewki  $L_t = 20$  mm. Natomiast najwyższą  $K = 13,2\%$ , uzyskano przy  $L_t = 80$  mm - wzrost o  $16,8\%$  (rys. 17).



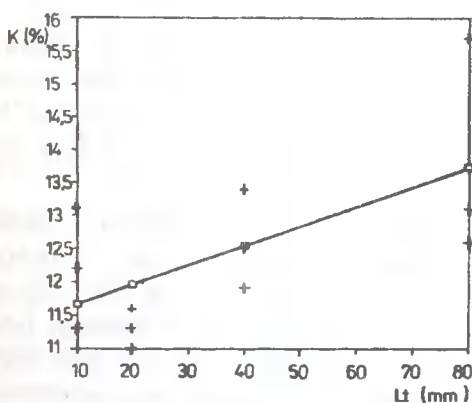
Rys.17. Histogram rozkładu wartości wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z koniczyną  $K$  w zależności od teoretycznej długości siewki  $L_t$

Fig.17. The chart of distribution of non-uniformity factor of intermixing the sodium benzoate with clover  $K$  depending on theoretical chaff length  $L_t$

W wyniku przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że funkcja  $K(L_t)$  (dla  $L_t$  wyrażonego w mm), jest istotna statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,05$ , przyjmując następującą postać:

$$K(L_t) = 0,0295L_t + 11,37. \quad (24)$$

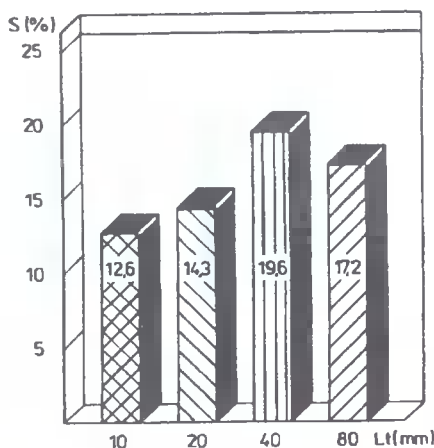
Wartość współczynnika korelacji dla równania (24) wynosi  $r = 0,642$ . Funkcję (24) charakteryzuje prosta na rysunku 18.



Rys.18. Przebieg funkcji:  $K(L_t) = 0,0295L_t + 11,37$

Fig.18. The run of function:  $K(L_t) = 0,0295L_t + 11,37$

Analiza danych zawartych w tabeli 6 wykazała, że w stosunku do ilości zadanej najmniejsze straty benzoesu sodu  $S = 12,6\%$  wystąpiły przy  $L_t = 10$  mm. Natomiast największe straty w ilości  $S = 19,6\%$  (wzrost o około 35,7%) wystąpiły przy  $L_t = 40$  mm (rys.19).



Rys.19. Histogram rozkładu wielkości strat benzoesu sodu  $S$  w zależności od teoretycznej długości siewki  $L_t$

Fig.19. The chart of distribution of sodium benzoate losses  $S$  depending on theoretical chaff length  $L_t$

W wyniku przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że funkcja  $S(L_t)$  jest istotna statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$ , przyjmując następującą postać:

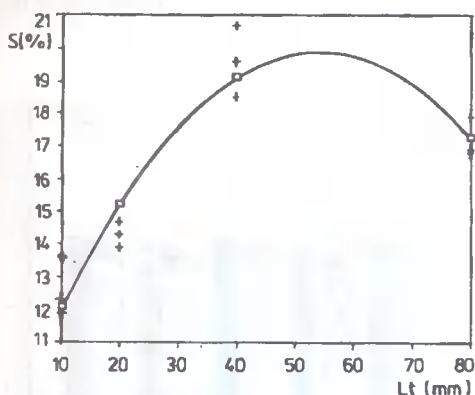
$$S(L_t) = 0,437L_t - 0,004L_t^2 + 8,1. \quad (25)$$

Wartość współczynnika korelacji dla równania (25) wynosi  $r = 0,949$ . Funkcję (25) charakteryzuje krzywa na rysunku 20.

Podsumowując, należy stwierdzić, że wydajność zbioru zielonki i długość siewki, są czynnikami wpływającymi na równomierność wymieszania konserwantu z zielonką i wielkość jego strat (jakość procesu mieszania). Regresje te są wysoce istotne statystycznie ( $\alpha = 0,001$ ), a w przypadku  $K(L_t)$  jest ona istotna statystycznie ( $\alpha = 0,05$ ).

Większą równomierność wymieszania konserwantu z zielonką i mniejsze jego straty uzyskano przy największych wydajnościach zbioru koniczyny zastosowanych w badaniach. Wyjaśnić to można tym, że przy większych wydajnościach zbioru, kanał wylotowy siewkarni jest ściślej wypełniony materiałem roślinnym, co zapewnia lepszy kontakt i wymieszanie rozdrobnionych roślin z konserwantem. Uzyskanie większej równomierności wymieszania konserwantu z zielonką i mniejszych jego strat przy najmniejszych teoretycznych długościach siewki, zgodnie z teorią procesu mieszania [12, 45], jest wynikiem bardziej wyrównanego rozkładu uziarnienia cząstek mieszanych składników. Ponadto krótsza siewka daje większą

sumaryczną powierzchnię w jednostce masy surowca, stwarzając tym samym większą powierzchnię styku materiału roślinnego z konserwantem.



Rys.20. Przebieg funkcji:  $S(L_t) = 0,437L_t - 0,004L_t^2 + 8,1$

Fig.20. The run of function:  $S(L_t) = 0,437L_t - 0,004L_t^2 + 8,1$

### 5.3. Wilgotność rośliny, gatunek rośliny - podzbiór $J_m$

W tabeli 8 przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości benzoesu sodu w próbkach zielonki dla pięciu różnych jej wilgotności.

Tabela 8. Zawartość benzoesu sodu w próbkach zielonki z koniczyny czerwonej (wyniki zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną z trzech przyczep)

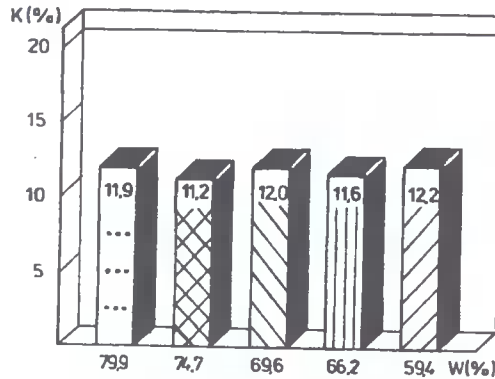
Table 8. Sodium benzoate content in samples of green fodder made of red clover (the results included in the table are the arithmetic mean values of three trailers)

Wilgotność koniczyny Clover moisture $W$ (%)	Zawartość benzoesu sodu (g/kg zielonki)* Sodium benzoate content (g/kg of green fodder)*					Średnia arytmetyczna Arithmetic mean value
	Nr kolejny próbki Sample number					
	1	2	3	4	5	$x_{sr}$
79,9	3,970	3,010	3,790	3,005	3,790	3,513
74,7	3,150	3,750	3,860	3,840	2,920	3,504
69,6	3,870	2,910	3,730	3,150	3,990	3,530
66,2	3,790	3,050	3,670	2,910	3,890	3,462
59,4	3,840	3,870	2,790	3,190	3,710	3,480

\* Dane zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się między sobą więcej niż 0,01%

\* The data included in table are the arithmetic mean values referring to two parallel determinations, the difference of which is not more than 0,01%

Najniższą wartość wskaźnika nierównomierności wymieszania benzooesanu sodu z koniczyną  $K = 11,2\%$  uzyskano przy wilgotności koniczyny  $W = 74,7\%$ . Zbliżone wartości wskaźnika  $K$  uzyskano dla pozostałych przypadków, uzyskując wartość najwyższą wskaźnika  $K = 12,2\%$  przy najniższej wilgotności koniczyny  $W = 59,4\%$  - wzrost o około 9% (rys. 21).

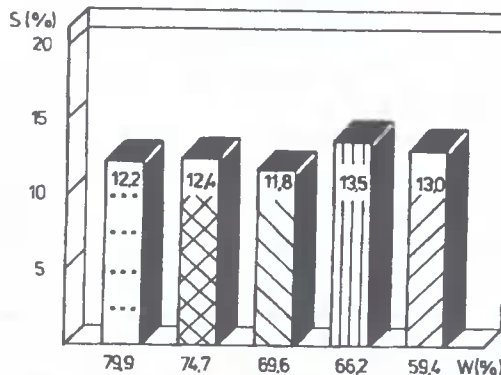


Rys.21. Histogram rozkładu wartości wskaźnika nierównomierności wymieszania benzooesanu sodu z koniczyną  $K$  w zależności od jej wilgotności  $W$

Fig.21. The chart of distribution of non-uniformity factor of intermixing the sodium benzoate with clover  $K$  depending on its moisture content  $W$

Analiza matematyczna wykazała, że funkcja  $K(W)$  (dla  $W$  wyrażonego w %), jest nieistotna statystycznie.

Najmniejsze straty benzooesanu sodu w ilości  $S = 11,8\%$  uzyskano przy wilgotności koniczyny  $W = 69,6\%$ . Dla pozostałych przypadków wielkości strat były zbliżone, osiągając wartość największą  $S = 13,5\%$  przy  $W = 66,2\%$  - wzrost o około 14% (rys. 22).



Rys.22. Histogram rozkładu wielkości strat benzooesanu sodu  $S$  w zależności od wilgotności koniczyny  $W$

Fig.22. The chart of distribution of sodium benzoate losses  $S$  depending on moisture content  $W$

W wyniku analizy matematycznej stwierdzono, że funkcja  $S(W)$ , jest nie-istotna statystycznie.

W tabeli 9 przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości benzoesu sodu w próbkach zielonki z koniczyny czerwonej, lucerny mieszańcowej i trawy - życicy wielokwiatowej.

Tabela 9. Zawartość benzoesu sodu w próbkach zielonki (wyniki zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną z trzech przyczep)

Table 9. Sodium benzoate content in samples of green fodder (the results included in the table are the arithmetic mean values of three trailers)

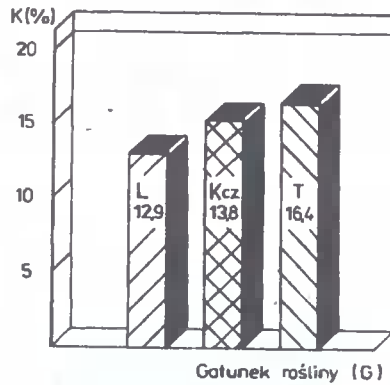
Gatunek rośliny Plant species G	Zawartość benzoesu sodu (g/kg zielonki)* Sodium benzoate content (g/kg of green fodder)*					Średnia arytmetyczna Arithmetic mean value $\bar{x}_{sr}$
	Nr kolejny próbki Sample number					
	1	2	3	4	5	
Koniczyna czerwona Red clover	2,800	3,040	3,780	3,500	3,980	3,420
Lucerna mieszańcowa Hybrid lucerne	2,870	3,810	3,950	2,820	3,400	3,370
Życica wielokwiatowa Multiflorous darnel	2,770	2,980	1,970	2,145	2,935	2,560

\* Dane zawarte w tabeli są średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się między sobą więcej niż 0,01%

\* The data included in table are the arithmetic mean values referring to two parallel determinations, the difference of which is not more than 0,01%

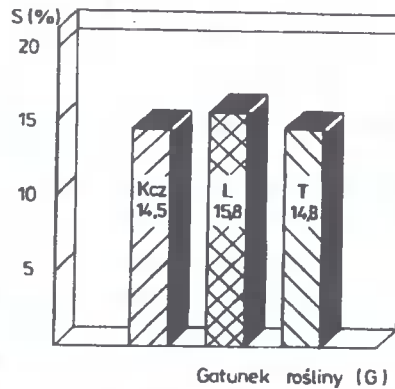
Jak wynika z rysunku 23, najniższą wartość wskaźnika nierównomierności wymieszania konserwantu z zielonką  $K = 12,9\%$  uzyskano dla lucerny, przy zbliżonej wartości wskaźnika  $K = 13,8\%$  dla koniczyny czerwonej. Wskaźnik nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z trawą osiągnął wartość najwyższą  $K = 16,4\%$ . Obszar zmienności (rozstęp) wynosił 3,5%. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że wartości wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoesu sodu z zielonką, w zależności od użytych w badaniach roślin statystycznie się nie różnią.

Najmniejsze straty konserwantu  $S = 14,5\%$  wystąpiły przy dodawaniu go do koniczyny czerwonej. Zbliżone wielkości strat uzyskano przy dodawaniu benzoesu sodu do życicy wielokwiatowej  $S = 14,8\%$  i  $S = 15,8\%$  dla lucerny mieszańcowej. Obszar zmienności wynosił 1,3% (rys.24). Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy między wielkościami strat benzoesu sodu w zależności od gatunku roślin użytych w badaniach.



Rys.23. Wartości wskaźnika nierównomierności wymieszania benzoianu sodu  $K$  z różnymi gatunkami roślin  $G$ :  $K_{cz}$  - koniczyna czerwona,  $L_m$  - lucerna mieszańcowa,  $T$  - trawa (życica wielokwiatowa)

Fig.23. The values of non-uniformity factor of intermixing the sodium benzoate with various species of plants  $G$ :  $K_{cz}$  - red clover,  $L_m$  - hybrid lucerne,  $T$  - grass (multiflorous damel)



Rys.24. Wielkość strat benzoianu sodu  $S$  dla różnych gatunków roślin  $G$ :  $K_{cz}$  - koniczyna czerwona,  $L_m$  - lucerna mieszańcowa,  $T$  - trawa (życica wielokwiatowa)

Fig.24. The amount of sodium benzoate losses  $S$  for various species of plants  $G$ :  $K_{cz}$  - red clover,  $L_m$  - hybrid lucerne,  $T$  - grass (multiflorous damel)

Reasumując, należy stwierdzić, że zastosowane w badaniach różne wilgotności koniczyny oraz gatunki roślin są czynnikami, które nie wpływają w istotnie statystyczny sposób na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką.

## 6. PROJEKT METODY DODAWANIA CIEKŁYCH KONSERWANTÓW DO ZIELONEK W CZASIE ICH ZBIORU NA KISZONKĘ SIECZKARNIĄ ZBIERAJĄCĄ

W kraju według badań autora [31] środki konserwujące dodawane są do zielonek ręcznie podczas załadunku ich do zbiornika. Nie gwarantuje to równomiernego wymieszania odpowiedniej ich ilości z masą roślinną, przeznaczoną do kiszenia, a tym samym uzyskania kiszonek dobrej jakości. Ponadto praca ta jest uciążliwa i szkodliwa dla zdrowia (w przypadku użycia konserwantów chemicznych).

Przeprowadzone przez autora [29, 34, 38] badania porównawcze dwóch stosowanych obecnie w świecie metod dodawania konserwantów do zielonek (w czasie zbioru roślin i załadunku ich do zbiornika) wykazały, że wyższą jakość procesu mieszania, uzyskano w czasie zbioru zielonki sieczkarnią zbierającą. Przeprowadzona ocena jakościowa uzyskanych kiszonek wykazała również, że kiszonki sporządzone z zielonek, do których konserwant dodawano w sieczkarni zbierającej, uzyskały wyższą ocenę punktową w skali Fliega-Zimmera. Należy w tym miejscu podkreślić, że w kraju, w technologiach zbioru zielonek przeznaczonych do kiszenia maszynami wiodącymi, są, i w najbliższym czasie będą, przede wszystkim sieczkarnie zbierające, a w mniejszym stopniu inne maszyny zbierające [4, 18, 19, 40, 41, 42, 51, 52, 61, 83, 102].

W oparciu o wieloletnie badania, a następnie współpracę z POM-em w Lubaszczu, wykonano serię wdrożeniową ciśnieniowego urządzenia dozującego do konserwantów ciekłych [18, 19, 20, 22]. Urządzenia te są obecnie testowane w gospodarstwach indywidualnych. Widok tego urządzenia przedstawiono na rysunku 25. Natomiast na rysunku 26, przedstawiono schemat zaproponowanej technologii zbioru zielonek na kiszonkę z użyciem środków konserwujących.

Z analizy wyników badań uzyskanych w niniejszej pracy oraz z wcześniejszych prac autora [20, 24, 27, 28, 29, 32, 38] wynika, że dyszę wylotową urządzenia dozującego, należy zamontować przed zespołem walców ugniatających lub w zespole rozdrabniającym sieczkarni. W przypadku użycia sieczkarni zbierającej bijakowej dyszę tę należy zamontować w przedniej części kanału wylotowego sieczkarni. Sieczkarnię zbierającą należy ustawić na najmniejsze teoretyczne długości siewki i stosować wyższe wydajności zbioru roślinny.

W celu zapewnienia dodania konserwantu do zielonki w ściśle określonej ilości, w zależności od gatunku (gatunków) roślin przeznaczonych do kiszenia, należy zwiększyć jego ilość o wielkość występujących strat konserwantu.



Rys.25. Widok ciśnieniowego urządzenia do konserwantów ciekłych (seria wdrożeniowa)  
Fig.25. The view of pressure - type metering device for liquid preservatives (pilot lot)



Czynności rolnicze	Środki techniczne			
Koszenie	Kosiarka	Kosiarka pokosowa		
Zgrabianie	Przetresaczo-zgrabiarka	Zgrabiarka		
Zbiór z pnia lub pokosu z równoczesnym dodaniem środków konserwujących oraz załadunkiem na środki transportowe	Sieczkarnia zbierająca z urządzeniem dozującym	Ścinacz zielonek z urządzeniem dozującym		
Transport	Środki transportu			
Załadunek do miejsc przechowywania	Widły ciągnikowe	Stertnik	Dmuchała rzućnik do zielonek	
Wyrównywanie i ugniatanie	Ciągnik			
Konserwacja i przechowywanie	Pryzma	Zbiornik przejazdowy	Zbiornik pionowy otwarty	Zbiornik pionowy hermetyczny
Rozładunek (pobieranie)	Ładowarka chwytakowa	Urządzenie rozładunkowe typu frezowego		

Rys.26. Technologia zbioru zielonek na kiszonkę sieczkarniami zbierającymi z równoczesnym dodaniem środków konserwujących

Fig.26. The technology of harvesting the green fodders, which are to be ensilaged, using collecting chaff cutters with simultaneous addition of preservatives

Celowym wydaje się rozważenie możliwości dodawania do ciekłych konserwantów preparatów powodujących obniżenie napięcia powierzchniowego, przez co można zwiększyć przyczepność konserwantu do zielonki, a tym samym zmniejszyć jego straty.

Z badań przeprowadzonych w Niemczech wynika [94], że w przypadku żywienia krów mlecznych kiszoną z dodatkiem konserwantu mikrobiologicznego (Pionerr 1188 - dodawanego do zielonki przy użyciu urządzenia dozującego), w stosunku do kiszonki bez konserwantu uzyskano efekt ekonomiczny zastosowania konserwantu obliczony na 7 pfening dziennie na jedną krowę.

Muchamedjanow [74] podaje, że każdy rubel wydany na środki konserwujące daje 3-4 ruble czystego zysku.

Według rocznika statystycznego z 1994 r., w kraju było 7.643 tys. szt. bydła w tym 3.998 tys. szt. krów. Zakładając, np., że tylko 10% krów będzie żywionych kiszoną z dodatkiem konserwantów, uzyskano by efekt ekonomiczny rzędu 85 mld. zł. rocznie (wg obliczeń szacunkowych). Obecnie w Polsce tylko około 0,06% rolników używa konserwantów, a np. w Finlandii przy rocznej produkcji kiszonek ok. 6 mln. ton, 90% tej ilości przygotowuje się używając konserwantów [6, 12, 13, 14].

Ponadto jak podają Tarnow [107], Podkówka [87, 89], Muchamedjanow [74] uzyskanie siana lub kiszonki dobrej jakości z roślin nadmiernie wilgotnych (lata deszczowe) bez użycia konserwantów nie zawsze jest możliwe.

Podsumowując, należy stwierdzić, że dodawanie konserwantu do zielonki przy użyciu opracowanego i wykonanego modelu urządzenia dozującego nabudowanego na sieczkarni zbierającej, przy uwzględnieniu ustaleń uzyskanych w niniejszej pracy gwarantuje uzyskanie kiszonki dobrej jakości. Ponadto metoda ta jest łatwa do zmechanizowania i wyjątkowo tania, a opracowane urządzenie dozujące, dorównuje najlepszym konstrukcjom zagranicznym.

Na podstawie dotychczas osiągniętych wyników badań autor podjął starania i prace nad wdrożeniem metody dodawania ciekłych środków konserwujących do zielonek w czasie ich zbioru przy użyciu opracowanego urządzenia dozującego.

## 7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Analiza aktualnego stanu wiedzy oraz wyników badań w literaturze przedmiotu wykazała, że obszar rozwiązanej dotychczas problematyki wykazuje znaczne luki poznawcze, które wymagają wypełnienia. Odczuwalny jest brak znajomości wpływu i opisu kompleksowo ujętych, głównych czynników, na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej. Brak znajomości tego zagadnienia uniemożliwia opracowanie metody dodawania konserwantu do zielonki, która zapewniłaby skuteczność działania konserwantów w procesie kiszenia zielonek, a tym samym uzyskania kiszonek dobrej jakości.

W pracy dokonano zatem kompleksowej analizy wpływu głównych czynników na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej oraz ustalono, które czynniki i w jakim stopniu wpływają na jakość tego procesu. Jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką oceniano w oparciu o równomierność wymieszania go z zielonką oraz wielkość jego strat. Wybrano następujące główne czynniki: miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej (czynnik technologiczny), wydajność zbioru rośliny, teoretyczna długość sieczki (parametry eksploatacyjne sieczkarni zbierającej), wilgotność rośliny, gatunek rośliny (właściwości zbieranej rośliny).

Analiza uzyskanych wyników badań pozwoliła ustalić zależności zachodzące pomiędzy poszczególnymi czynnikami a wskaźnikami oceniającymi jakość procesu mieszania. Zależności te dały się opisać równaniami regresji i wyjaśnić w oparciu o teorię konstrukcji maszyn rolniczych. Uzyskane wyniki badań przyczyniają się do rozszerzenia wiedzy z zakresu metod i techniki dodawania konserwantów do zielonek przeznaczonych do kiszenia oraz metodycznego uporządkowania pojęć i procedur obliczeniowych dla przeprowadzenia oceny jakości procesu mieszania ciekłego konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej.

Ponadto wyniki badań zostały wykorzystane do opracowania metody dodawania ciekłych konserwantów do zielonek, w czasie ich zbioru sieczkarnią zbierającą dla potrzeb krajowego rolnictwa.

## 8. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej należy oceniać równomiernością wymieszania konserwantu w pociętej mieszaninie z uwzględnieniem wielkości jego strat, które w dotychczasowych badaniach były pomijane.
2. Głównym czynnikiem decydującym o jakości wymieszania konserwantu z zielonką jest miejsce zainstalowania dyszy doprowadzającej konserwant, w badanych 5 kombinacjach najlepszym miejscem jest dodawanie konserwantu do zielonki przed zespołem walców ugniatających sieczkarni.
3. Długość sieczki wywiera istotny wpływ na jakość procesu mieszania, przy czym najlepsze efekty uzyskuje się przy najkrótszych długościach sieczki (tzn. jakość mieszania rośnie wraz ze zmniejszaniem się długości sieczki).
4. Wydajność zbioru sieczkarni jest czynnikiem istotnie wpływającym na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką. W badanym zakresie wzrost wydajności zbioru oznacza wzrost jakości wymieszania konserwantu z zielonką.
5. Wielkość strat konserwantu zależy od miejsca zainstalowania dyszy i w badanych warunkach wahała się od 11,2% przy dyszy zainstalowanej w zespole rozdrabniającym aż do 34% przy jej umieszczeniu w środkowej części kanału wylotowego sieczkarni.
6. W badanych warunkach wilgotność zbieranej zielonki (koniczyna) i gatunek zbieranej rośliny (trawa, koniczyna i lucerna) nie mają istotnego wpływu na jakość procesu mieszania.
7. Istnieje kombinacja zmiennych niezależnych, przy których wskaźniki oceniające jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej, osiągną najkorzystniejsze wartości. Zachodzi to dla:
  - dodawania konserwantu do zielonki przed zespołem walców ugniatających sieczkami  $M_{-zi} = 602$  mm;
  - najmniejszej nastawionej w sieczkarni teoretycznej długości sieczki  $L_1 = 10$  mm;
  - maksymalnej wydajności zbioru koniczyny czerwonej zastosowanej w badaniach  $Q = 29,65$  t/h.
8. Opracowany w ramach własnego programu badawczego zestaw urządzeń do dozowania ciekłych konserwantów może być uznany za prototypowy i nadaje się do szerokiego rozpowszechnienia w praktyce.

## LITERATURA

- [1] **Bahheim H., Moller F.:** Losungsvariante zum grosstechnischen einsetz von Minersauren von Grünfutterstoffen. *Agrartechnik* 35, 1985, s. 280-282.
- [2] **Bernacki H., Haman J., Kanafojski Cz.:** Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom I, PWRiL, Warszawa 1967.
- [3] **Bilowicki J.:** Sprawozdanie z międzynarodowej konferencji nt.: Zbiór, uprawa i konserwowanie pasz objętościowych. Symbol dok. IBMER XLII/1313, Warszawa 1986.
- [4] **Bogdanowicz J., Drozd M., Banasik J.:** Technologia prac maszynowych w rolnictwie. PWN, Warszawa 1979.
- [5] **Bolsen K.K.:** The basic principles of silage - with emphasis on fermentation and additives. *Mezinarodni symposium "Konservace Objemnych Krimiv"*, Pohorčice 1993, s. 51-58.
- [6] **Buckmaster D.R., Heinrichs A.J.:** Losses and quality changes during harvest and storage of preservative - treated alfalfa hay of varying moisture content. *Transactions of the ASAE* 36(2), 1993, s. 349-353.
- [7] **Burnajew M.D., Tiesarowskaja A.I., Żuriban S.K., Junik A.W.:** Wnie-senije konserwantow w izmelczenuju massu. *Tiech. w siel. choz.* 7, 1980, s. 25-26.
- [8] **Campbell C., Taylor S., Matsuoka S., Marshall S., Buchanan - Smith J.G.:** Inoculants and enzymes as additives for lucerne silage with meas-urements of changes in structural carbohydrates and pectin during the ensiling period. *Proceedings of the Ninth Silage Conference. Faculty of Agriculture University of Newcastle upon Tyne*, 1990, s. 14-15.
- [9] **Chomyszyn M.:** *Ensimax - preparat do konserwowania zielonek.* Wyd. Ośrodek Hodowli Zarodowej, Cerkwica 1989.
- [10] **Colzani G., Santorio G., Martillotti F., Verna M.:** *Studia e prove speri-mentali su vari sistemi per distribuzione di integrativi e conservativi nei tri-cianti.* Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola, Roma 1978.
- [11] **Colzani G., Santorio G.:** *Contributo alla realizzazione di un dosatore di prodotti chimici integrativi e conservativi per falcia - trincia - caricatrici.* Isti-tuto sperimentale per la Meccanizzazione Agricola, Roma 1981.
- [12] **Dmitrewski J.:** Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom 3, PWRiL, Warszawa 1978.

- [13] **Dulcet E., Chalamoński M., Kociński R.:** Dozownik do preparatów chemicznych stałych. III Symp. im. prof. Cz. Kanafojskiego nt. Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. PW, IMiUR, Płock 1985, s. 187-190.
- [14] **Dulcet E.:** Przegląd urządzeń do dodawania preparatów chemicznych ułatwiających proces zakiszania zielonek. *Masz. i Ciąg. Rol.* 5, 1987, s. 14-16.
- [15] **Dulcet E., Chalamoński M.:** Badania urządzenia do dodawania preparatów chemicznych stałych ułatwiających proces zakiszania zielonek. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Mechanika* 31, 1988, s. 5-13.
- [16] **Dulcet E., Wośko Z.:** Urządzenia do dodawania preparatów chemicznych stałych ułatwiających proces zakiszania zielonek. *Zesz. Nauk. AR Poznań, seria CC*, 1988, s. 73-79.
- [17] **Dulcet E., Jarmocik E.:** Modelowe rozwiązania urządzeń dozujących chemiczne preparaty konserwujące. IV Symp. im. prof. Cz. Kanafojskiego nt. Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. PW, IMiUR, Płock 1988, s. 179-181.
- [18] **Dulcet E., Jarmocik E.:** Analiza stanu techniki dodawania preparatów chemicznych na przykładzie woj. płockiego. II Ogólnopolska i I Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Rozwój teorii i technologii w technicznej modernizacji rolnictwa. Olsztyn 1989, s. 27-33.
- [19] **Dulcet E., Jarmocik E.:** Analiza możliwości zastosowania urządzeń do dodawania chemicznych preparatów konserwujących zielonkę w gospodarstwach indywidualnych. II Krajowa Konferencja Naukowa nt. Problemy Techniki Rolniczej i Leśnej. SGGW, Warszawa 1989, s. 144-147.
- [20] **Dulcet E.:** Badania stanowiskowo-laboratoryjne oraz polowe urządzeń do dodawania preparatów chemicznych. Sprawozdanie CPBR 10.17 III/7, ATR Bydgoszcz 1989.
- [21] **Dulcet E., Rybczyński G., Wośko Z.:** Urządzenie do dodawania preparatów chemicznych zwłaszcza stałych. Patent nr 137950, 1989
- [22] **Dulcet E., Tyszczyk K., Macko M.:** Wdrożenie serii informacyjnej urządzenia do dodawania preparatów ciekłych. Sprawozdanie PRB 10/91, ATR Bydgoszcz 1991.
- [23] **Dulcet E.:** Sposób i technika dodawania konserwantów ułatwiających proces zakiszania zielonek. III Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Problemy Techniki Rolniczej i Leśnej. SGGW, Warszawa 1992, s. 388-391.
- [24] **Dulcet E.:** Wo Silierzusätze Zugeben? Zur Plazierung der Düsen im Feldhäcksler. *Landtechnik* 5, 1992, s. 222.

- [25] **Dulcet E.**: Influence of Feeding Place of Conservants into the Silage in an Harvesting Chaff Cutter on the Uniformity of Their Intermixing with the Silage. International Conference of Agricultural Engineering, Uppsala 1992, s. 410-411.
- [26] **Dulcet E.**: Wpływ miejsca dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej na równomierność wymieszania go z zielonką. Roczniki Nauk. Rol. PAN, 94-C-4, 1993, s. 113-118.
- [27] **Dulcet E.**: Równomierność dozowania konserwantu przez urządzenia dozujące. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo LVI, Seria Techniczna, 159, 1993, s. 135-140.
- [28] **Dulcet E.**: Straty konserwantu przy różnych sposobach aplikacji do zakiszanych zielonek. Problemy Inżynierii Rolniczej 1(1), 1993, s. 59-64.
- [29] **Dulcet E.**: Badania nad równomiernością wymieszania konserwantu z zielonką w procesie zbioru na kiszonkę oraz nad wielkością jego strat. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rozprawy 58, 1993.
- [30] **Dulcet E.**: Technika dodawania konserwantów do zakiszanych roślin. Nauka praktyce rolniczej. Zeszyt 1, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Komitet Techniki Rolniczej PAN, Kraków 1993, s. 65-68.
- [31] **Dulcet E.**: Analiza sposobów i techniki dodawania konserwantów do zakiszanych roślin. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Mechanika 36, 1994, s. 153-158.
- [32] **Dulcet E.**: Ocena równomierności dozowania konserwantów przez różne rozwiązania konstrukcyjne urządzeń dozujących. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Mechanika 36, 1994, s. 141-151.
- [33] **Dulcet E.**: Wpływ stopnia rozdrobnienia zielonki na równomierność wymieszania jej z konserwantem. VI Symp. im. prof. Cz. Kanafojskiego nt. Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. PW, IMiUR, Płock 1994, s. 141-142.
- [34] **Dulcet E.**: Influence of the method of adding the preservative to the green forage on the uniformity of mixing and on losses. XII C.J.G.R. World Congress and AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering, Milano 1994, s. 804-805.
- [35] **Dulcet E.**: Siliermittelverluste reduzieren. "Forschung und Entwicklung" Landtechnik 3, 1994, s. 181.
- [36] **Dulcet E.**: Wpływ różnych gatunków roślin na równomierność wymieszania ich z konserwantem oraz na wielkość jego strat. Problemy Inżynierii Rolniczej 4(6), 1995, s. 47-54.
- [37] **Dulcet E., Chalamoński M., Grochowicz J.**: The influence of various factors to uniformity of mixing the preservative with green fodder during its harvesting using a collective chaff cutter. AgEng'96 Conference on Agricultural Engineering, Madrid (Spain).

- [38] Dulcet E.: Metody i technika dodawania środków konserwujących do zakiszanych zielonek. Post. Nauk. Rol. PAN, 1, 1996, s. 23-33.
- [39] Fietzgerald L.: Silage. Teagasc. Co Galway. Ireland, 1992, s. 11-12.
- [40] Gieroba J., Niedziółka J.: Technika zbioru resztek późniwnych kukurydzy na pasze. Masz. i Ciąg. Rol. 8-9, 1977, s. 36-38.
- [41] Gieroba J., Nowak J., Sawa J.: Wstępna ocena efektywności zakiszania zielonek zbieranych prasami zwijającymi. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 408, 1993, s. 267-273.
- [42] Gieroba J., Nowak J., Sawa J.: Zakiszanie zielonek w formie dużych bel cylindrycznych. Post. Nauk. Rol. 2, 1993, s. 59-66.
- [43] Gren I.: Zadania i modele statystyki informatycznej. PWN, Warszawa 1976.
- [44] Grochowicz J., Siwilo R.: Metoda i technika utrwalania wilgotnego ziarna ciekłymi konserwantami. Post. Nauk. Rol. 3, 1978, s. 61-74.
- [45] Grochowicz J.: Technologia produkcji mieszanek paszowych, PWRiL, Warszawa 1985.
- [46] Grochowicz J.: Technologia i technika modyfikowania jakościowych cech surowców i mieszanek paszowych. II Konferencja Naukowo-Techniczna „Jakość Pasz Przemysłowych”, Lublin 1995, s. 7-21.
- [47] Gross F.: Was können “Biologische Siliermittel Leisten?” Landtechnik 35, 1984, s. 1008-1009.
- [48] Hänsel H.: Podstawy rachunku błędu. WNT, Warszawa 1968.
- [49] Harrison P.H.: Preservation of Large Round Bales at High Moisture. Transactions of the ASAE, 28(3), 1985, s. 675-678.
- [50] Harrison P.H.: Treatment of Forage with Sulphur Dioxide in a Forage Harvester. Transactions of the ASAE, 28(3), 1985, s. 356-359.
- [51] Jarmocik E., Dulcet E.: Analiza technologii zbioru trudnokiszających się zielonek w gospodarstwach indywidualnych woj. bydgoskiego. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Mechanika 32, 1988, s. 125-138.
- [52] Jarmocik E., Dulcet E.: Ocena stanu techniki i technologii sporządzania kiszzonek w gospodarstwach indywidualnych woj. bydgoskiego. V Symp. im. prof. Cz. Kanafojskiego nt. Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. PW, IMiUR, Płock 1991, s. 278-281.
- [53] Jelinowska A.: Uprawa roślin kiszonkowych. PWRiL, Warszawa 1981.
- [54] Kanafojski Cz.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Tom 2, część I, PWRiL, Warszawa 1980.
- [55] Kędziora J.: Badania nad równomiernością wymieszania dodatków sterujących procesem fermentacji z zielonką w czasie jej zbioru na kiszonkę. Prace ATR, Bydgoszcz 1995.
- [56] Khalilian A., Worrell M., Cross D.L.: A device to inject propionic acid into baled forages. Transactions of the ASAE 33(1), s. 36-40.



- [57] Kiely P., Flynn V.: Grass Silage. Ireland. An Foras Talantais, 1987, s. 17-19.
- [58] Knapp W.R., Holt D.A., Lechtenberg V.L.: Hay preservation and Quality Improvement by anhydrous ammoniac treatment. *Agronomy Journal*, 67(11), 1975, s. 766-768.
- [59] Koleśnikowa W.A., Wolkow A.A.: Ustanowka dlja wniesienija konserwantow w siłosujemyju massu. *Tiech. w siel. choz.* 9, 1981, s. 2.
- [60] Krzemiński J.: Rozwój mechanizacji produkcji roślinnej w trzydziestoleciu działalności IBMER. *Masz. i Ciąg. Rol.* 4, 1989.
- [61] Kwieciński A.: *Maszyny i urządzenia w produkcji zwierzęcej*. PWN, Warszawa 1984.
- [62] Kuzmickij A.W.: Agregat dlja obrabotki rastitielnoj massy židkimi konserwantami. *Tiech. w siel. choz.* 7, 1984, s. 20-21.
- [63] Kuzmickij A.W.: Technologija zakładki senaza i siłosa s wnieseniem chemicznych konserwantow. *Sbornik Naucznych Trudow Siel. Bieloruska Akad.* 131, 1985, s. 9-12.
- [64] Laskowski J.: Analiza właściwości fizykomechanicznych stałych nawozów mineralnych. *Masz. i Ciąg. Rol.* 5, 1977, s. 18-22.
- [65] Liepe M., Schade E., Fuchs H.: Einsatz von Großfutterdosieren für das Mischen der Großfuttermittel. *Agrartechnik* 8, 1983, s. 354-355.
- [66] Lingvall P., Lindberg H.: High quality silages by wrapping big bales. *Journal of the British Grassland Society* 44(2), 1989, s. 138-145.
- [67] Łogaczewa Ł.J., Graczev A.W.: Roboczij organ dlja wniesienija gazoobrażonych konserwantow. *Tiech. w siel. choz.* 8, 1986, s. 18-19.
- [68] Maskowa H., Havelik J., Lunacek M., Holubowa V.: Aplikace koncerwačnich Pripravku pri Vyrobe Objemowych Krimiv. *Zemědělska Tech.* 26, 1980, s. 727-734.
- [69] Mayne C.S., Gordon F.I.: The effect of harvesting system on nutrient losses during silage making. Part 2 - In *Silo Losses. Grass and Forage Science* 41(3), 1986, s. 341-351.
- [70] Michałek R.: Kierunki rozwoju techniki rolniczej na tle zadań nauk rolniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 1992, s. 403.
- [71] Mikołajczak J.: Przyczyny produkcji złej jakości kiszonek. *Wyd. NOT w Bydgoszczy*, 1984, s. 4-30.
- [72] Mikołajczak J.: Badania nad zakiszaniem pasz zielonych z dodatkiem płynnych konserwantów chemicznych. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rozprawy* 13, 1986.
- [73] Mikołajczak Z.: *Użytki zielone - pasza latem i zimą*, PWRiL, Warszawa 1982.

- [74] Muchamedjanow M.M.: Chemiczneskoje konserwowanie zelenych kormow. Wiest. siel. nauki 12, 1985, s. 47-54.
- [75] Napieraj A.: Technologia zbioru zielonek na kiszoncek z zastosowaniem wzbogacania paszy. Adaptacja i badania wzorca do dodawania preparatów stałych E202. Symbol dok. IBMER XXII/773, Warszawa 1981.
- [76] Nelson M.L., Headley D.M., Loesche J.A.: Control of fermentation in high moisture baled alfalfa by inoculation with lactic acid - producing bacteria. II. Small rectangular bales. Journal of Animal Science 67(6), 1989, s. 1586-1592.
- [77] Olszewski T.: Zbiór i konserwacja pasz zielonych w Finlandii. Masz. i Ciąg. Rol. 4, 1975, s. 29-32.
- [78] Olszewski T.: Analiza i ocena efektywności technologii zbioru zielonek na siano. IBMER, Warszawa 1991, rozprawa habilitacyjna.
- [79] Opracowanie zbiorowe: Przemysłowe metody produkcji pasz objętościowych. PWRiL, Warszawa 1984.
- [80] Opracowanie zbiorowe: Encyclopedia of industrial chemical analysis. New York, London, Sydney, Toronto, 1968, Vol. 7, s. 68-71.
- [81] Opracowanie zbiorowe: System Maszyn Rolniczych i Leśnych. Część VIII, Warszawa 1988, s. 4.
- [82] Pabis S.: Metodologia i metody nauk empirycznych. PWN, Warszawa 1985.
- [83] Pikula A.: Analiza różnych form konserwacji zielonek w gospodarstwach indywidualnych na przykładzie woj. wrocławskiego. Prace ATR Bydgoszcz, 1992.
- [84] Pirkelmann H.: Flüssige Sillermittel gleich mässig verteilen. Verbesserung der Garbedingungen. DLG - Mitteilungen 11, 1976, s. 628-630.
- [85] Podkówka W.: Zastosowanie benzoesu sodowego do zakiszania pasz zielonych. Międzynar. Czasop. Rol. 5, 1971, s. 63-65.
- [86] Podkówka W., Ciechoński J., Zaremba F., Szygorski E.: Urządzenie dozujące. Wzór użytkowy nr 58536, 1978.
- [87] Podkówka W.: Nowoczesne metody kiszenia pasz. PWRiL, Warszawa 1979.
- [88] Podkówka W., Podkówka P., Doroszewski W., Potkański A.: Quality and feed value of maize made with addition of inoculant 1177 and acidol. Proceedings of the Ninth Silage Conference. Faculty of Agriculture University of Newcastle upon Tyne, 1990, s. 82-83.
- [89] Podkówka W.: Metody intensyfikacji produkcji zwierzęcej w oparciu o regionalną bazę paszową. Sprawozdanie CPBR 10. 17/II, ATR Bydgoszcz, 1990.
- [90] Podkówka W., Potkański A.: Wpływ czynników chemicznych i fizycznych na przydatność pasz do zakiszania. Post. Nauk Rol. 1, 1993, s. 29-42.
- [91] Polański Z.: Planowanie doświadczeń w technice. PWN, Warszawa 1984.

- [92] **Porodziński Z.**: Analiza możliwości zastosowania aparatury ochrony roślin do dodawania preparatów chemicznych ułatwiających proces zakiszania zielonek. Prace ATR Bydgoszcz, 1987.
- [93] **Raymond W.F.**: Conservation and feeding of forage crops. The Agricultural Engineer. Autumin, 1976.
- [94] **Robkowsky K.D., Hertwig F., Neubert G.**: Was biologische Sielerhilfen Leisten. DLG - Mitteilungen 5, 1993, s. 37-39.
- [95] **Roszkowski A.**: Analiza przepływu produktu przez kanał wyrzutowy sieczkarni zbierającej i jego znaczenia dla wypełnienia środków transportowych i stopnia segregacji liści od łodyg. AR Poznań 1970, praca doktorska.
- [96] **Roszkowski A.**: Mechanizacja zbioru i konserwacji pasz zielonych. PWRiL, Warszawa 1979.
- [97] **Rotz C.A., Sprott D.J., Davis R.J., Thomas J.W.**: Anhydrous Ammonia Injection into Baled Forage. Transactions of the ASAE, 2(2), 1986, s. 64-69.
- [98] **Rotz C.A.**: Best recommendation is to field dry hay. Hoard's Dairyman 136(5), 1991, s. 212.
- [99] **Rotz C.A., Pitt R.E., Muck R.E., Allen M.S., Buckmaster D.R.**: Direct cut harvest and storage of alfalfa on the dairy farm. Transactions of the ASAE 36(3), 1993, s. 621-628.
- [100] **Ruszczyc Z.**: Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. PWRiL, Warszawa 1985.
- [101] **Savoie P., Marcoux A.**: Systems alternatives in Forage Harvest and Conservation. Transactions of the ASAE 28(5), 1985, s. 1378-1384.
- [102] **Sęk T.**: Eksploatacja agregatów do zbioru zielonek na kiszoncek. Wyd. AR w Poznaniu, 1992.
- [103] **Sęk T., Dulcet E.**: Wpływ sposobu dodawania konserwantu do zielonki na równomierność wymieszania go z zielonką oraz na wielkość jego strat. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Mechanika 36, 1994, s. 133-139.
- [104] **Sierocka M.**: Program na analizę wariancji "AWAR". Prace ATR Bydgoszcz, 1988.
- [105] **Smith R.**: Preservation of Corn Silage Sugars with Sulfur Dioxide. Transactions of the ASAE 2(5), 1985, s. 1650-1656.
- [106] **Szekely J.**: Ekonomiczne znaczenie strat przy kiszeniu. Międzynar. Czasop. Rol. 1, 1980, s. 68-70.
- [107] **Tarnow M.T.**: Chemiczeskoje Konserwirownije Kormow. Kołos, Moskwa 1964.
- [108] **Tarnow M.T.**: Naucznyje osnowy primienienia chemiczeskich wieszczestw pri zagatowkie i chranieni kormow. Wiest. siel. nauki 11, 1975, s. 23-25.
- [109] **Thiron F.**: Le Prefanage est-li conndamne par L'acide formique. Motoris. Agric. 334, 1988, s. 57-59.

- [110] **Trela S., Kaniok R.:** Próba określenia wpływu niektórych dodatków chemicznych na przebieg procesu zakiszania roślin wysokobiałkowych. Zesz. Probl. Podst. Nauk Rol. 73, 1967, s. 49-58.
- [111] **Trela S.:** Kiszzenie roślin wysokobiałkowych. PWRiL, Warszawa 1975.
- [112] **Van Loo L.:** Entwicklungstendenzen der Grunfuttermittelgewinnung in den Niederland. Landtechnik 4, 1986, s. 177-180.
- [113] **Van Loo L.:** Inkuilen met conserveringsmiddelen. Landbouwmecanisatie 4, 1986, s. 417-419.
- [114] **Weddell I.R.:** A comparison of a bacterial inoculant and formic acid as silage additives for beef cattle. Proceedings of the Ninth Silage Conference. Faculty of Agriculture University of Newcastle upon Tyne, 1990, s. 118-119.
- [115] **Weissbach F.:** Current challenges and options to improve silage quality. Mezinardni symposium "Konservace Objemnych Krmiv", Pohorčice, 1993, s. 111-125.
- [116] **Wrzos W.:** Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych dozownika do konserwacji zielonek "Apol-2/100". Symbol dok. IBMER XXII/720, Warszawa 1980.

# JAKOŚĆ PROCESU MIESZANIA CIEKŁEGO KONSERWANTU Z ZIELONKĄ W CZASIE JEJ ZBIORU SIECZKARNIĄ ZBIERAJĄCĄ

## Streszczenie

W pracy przedstawiono próbę oceny jakości procesu mieszania ciekłego konserwantu z zielonką w czasie jej zbioru sieczkarnią zbierającą, uwzględniającą kompleksowo wpływ głównych czynników, dla przyjętych kryteriów i założeń.

Usystematyzowano oraz dokonano oceny metod dodawania środków konserwujących do zakiszanych zielonek i rozwiązań technicznych urządzeń dozujących oraz przeprowadzono analizę dotychczasowego stanu badań jakości procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej. Dokonano wyboru głównych czynników wpływających na jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej.

Opracowano metodykę badań, w ramach której sformułowano wskaźniki oceniające jakość procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej, tj. wskaźnik nierównomierności wymieszania konserwantu z zielonką oraz wielkość strat konserwantu.

Na podstawie analizy wyników badań określono zależności pomiędzy głównymi czynnikami - zmienne niezależne (miejsce dodawania konserwantu do zielonki w sieczkarni zbierającej, wydajność zbioru zielonki, teoretyczna długość sieczki, wilgotność rośliny, gatunek rośliny) - a jakością procesu mieszania - zmienna zależna - oceniana w oparciu o wyżej sformułowane wskaźniki. Zależności te opisano za pomocą równań regresji i wyjaśniono w oparciu o aktualny stan wiedzy z teorii i konstrukcji maszyn rolniczych.

Uzyskane wyniki badań mają znaczenie poznawcze, gdyż przyczyniają się do rozszerzenia wiedzy z zakresu metod i techniki dodawania konserwantów do zielonek, przeznaczonych do kiszenia oraz metodycznego uporządkowania pojęć i procedur obliczeniowych dla przeprowadzenia oceny jakości procesu mieszania konserwantu z zielonką w sieczkarni zbierającej.

Praca ma również znaczenie utylitarne, gdyż uzyskane wyniki badań, pozwoliły na opracowanie metody dodawania ciekłych konserwantów do zielonek w czasie ich zbioru sieczkarnią zbierającą, zapewniającą skuteczne ich działanie w procesie kiszenia zielonek.

# THE QUALITY OF MIXING PROCESS OF LIQUID PRESERVATIVE AND GREEN FODDER DURING HARVEST USING THE COLLECTING CHAFF CUTTER

## Summary

This work presents the attempt of evaluation of the quality of mixing process, that takes place when liquid preservative is mixed with green fodder during harvest using collecting chaff cutter, including the complex influence of main factors with criterions and assumptions which were accepted.

The methods of adding preservatives to ensilaged green fodders and technical solutions of equipment were systemized and evaluated, and the analysis was performed with the reference to the existing state of research on quality of mixing the preservative with green fodder during harvest with collecting chaff cutter. The main factors were selected, which influence the quality of the process of mixing the preservative the green fodder in a collecting chaff cutter.

The methodics of research was developed, which included the definition of factors, that allow to evaluate the quality of mixing the preservative with green fodder in a collecting chaff cutter, i.e. the non - uniformity factor of intermixing between the preservative and the green fodder as well as the preservative loss factor. Basing on the analysis of results of the research, main relationships among main factors - independent variables - (the location where the preservative is added to green fodder in a collecting chaff cutter, output of green fodder harvesting, theoretical chaff length, plant moisture content, plant species) and the mixing process quality - dependant variable - which is evaluated basing on the above mentioned factors. These relationships were described using the regression equations and explained basing on present state of knowledge with respect to the theory and design of agricultural machines.

The results of research that were obtained support the development of knowledge in scope of methods and techniques of adding preservatives to green fodders, which are designed for ensilaging, and the methodical arrangement of terms and calculation procedures for performace of evaluation of the process of mixing the preservative with green fodder in a collecting chaff cutter. Moreover, they enabled the development of the method of adding preservative to the green fodder at the harvest using the collecting chaff cutter, so that the efficiency of preservatives in a process of green fodder ensilaging is ensured.

4

**Biblioteka Główna ATR**  
w Bydgoszczy

79504