JÓZEF GROCHOWICZ, RYSZARD SIWIŁO
Akademia Rolnicza w Lublinie

METODA I TECHNIKA UTRWALANIA WILGOTNEGO ZIARNA CIEKŁYMI KONSERWANTAMI

Konserwanty i ich działanie

Natychmiastowe dosuszanie wilgotnego ziarna po zbiorze nie zawsze jest możliwe do przeprowadzenia, w związku z czym praktycy i badacze poszukiwali innych metod jego skutecznego zabezpieczania. W latach sześćdziesiątych rozpoczęto stosować na skalę gospodarczą nową metodę konserwacji ziarna za pomocą środków chemicznych. Według badań radzieckich [30] uzyskiwano dość dobre efekty przy użyciu różnych konserwantów, (tab. 1). W badaniach tych przyjęto jednakowy dodatek konserwanta w ilości 1%, a za kryterium oceny przyjęto czas, jaki upłynął od momentu potraktowania ziarna środkiem chemicznym do pojawienia się pleśni.

Tabela 1

Czas konserwującego działania niektórych środków chemicznych przy składowaniu ziarna kukurydzy i jęczmienia o wilgotności 40%

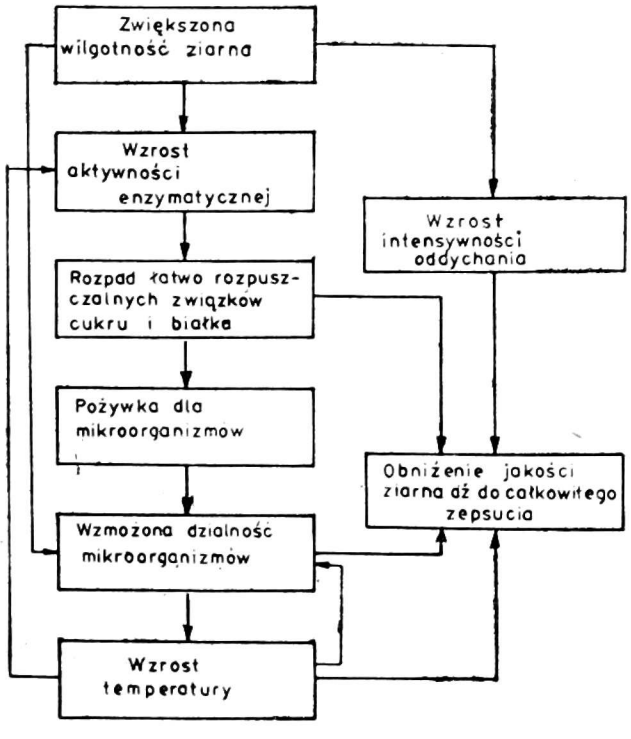
Rodzaj konserwanta	Czas składowania w dniach	
	kukurydza	jęczmień
Kwas sorbinowy	141	135
Pirosiarczyn sodu	61	55
Podsiarczyn sodu	60	57
Herbicyd 2,4-D	54	50
Tiomocznik	32	26
Azotyn sodu	30	29
Herbicyd WM — 4X	21	15

Spośród grupy ciekłych konserwantów rozpowszechniających się w ostatnich latach szerokie zastosowanie znalazł kwas propionowy. Związek ten oraz jego sole: sodowa, potasowa, wapniowa znane były od dawna jako inhibitory pleśni i stosowane jako środki konserwujące żywność.

Bűlow [2] podaje najważniejsze charakterystyki kwasu propionowego. Ma on wzór sumaryczny CH_3CH_2COOH i jest kwasem organicznym, należącym do grupy kwasów karboksylowych. Jest to bezbarwna, przezroczysta ciecz o ostrym, odurzającym zapachu i kwaśnym smaku. Jego ciężar cząsteczkowy wynosi 74, temperatura wrzenia 141°C, natomiast ciężar właściwy 0,992. Miesza się z wodą w każdym stosunku. Jego sole są ciałami stałymi, rozpuszczalnymi w wodzie. Nie rozpuszczają się natomiast w eterze.

Produkcja kwasu propionowego jest prosta i tania. Można go otrzymać na drodze procesu fermentacji lub z etylenu z dodatkiem tlenku węgla i wody, w obecności czterobromylku niklu w temperaturze 280°C i przy ciśnieniu 240 atmosfer. W wielu krajach podjęto produkcję kwasu i przedsięwzięto szereg zabiegów organizacyjnych mających na celu rozpropagowanie kwasu propionowego jako preparatu bardzo przydatnego do konserwowania pasz. W poszczególnych krajach kwas propionowy w obrocie towarowym występuje pod różnymi nazwami handlowymi. I tak, w Wielkiej Brytanii sprzedawany jest jako propcorn (22), w USA — grainsaver (10) w RFN — luprosil (17, 25, 27) we Francji — propiogil (11, 20), w Kanadzie — chemstor (1), natomiast w ZSRR, Szwecji, Polsce i innych krajach — jako kwas propionowy. W Polsce, jak dotychczas kwas propionowy na skalę techniczną nie jest produkowany.

W ziarnie o wilgotności powyżej 16% zachodzą procesy biologiczne uniemożliwiające jego przechowywanie. Wzrasta wtedy intensywność oddychania, następuje porastanie, wzmaga się działalność drobnoustrojów i następuje samozagrzewanie ziarna. Wymienione procesy są ze sobą powiązane, wzajemnie na siebie oddziaływują i zachodzą jednocześnie [2, 7]. Zależności te przedstawiono na schemacie (rys. 1). Zwięk-



Rys. 1. Schemat współzależności procesów zachodzących podczas składowania wilgotnego ziarna zbóż (wg F. Finka)

szona wilgotność masy zbożowej prowadzi do zwiększenia energii oddychania, która przyczynia się do wzrostu wilgotności i temperatury, co pobudza oddychanie i działalność mikroflory, która rozwijając się zawilgaca środowisko i podwyższa temperaturę [4, 15]. Zachodzące zmiany powodują, że ziarno pokrywa się pleśnią, traci swoistą barwę i połysk, pojawiają się ciemne plamy oraz zapach stęchlizny i kwasu, następuje utrata zdolności kiełkowania. Ziarno ulega zepsuciu i nie nadaje się do skarmiania lub innego wykorzystania [22].

Wymienionym procesom można zapobiec dodając do wilgotnego ziarna kwas propionowy. Ziarno to nie może być jednak przeznaczone do siewu lecz wykorzystane do skarmiania, przy czym długość okresu jego przechowywania zależy głównie od wielkości dawki.

Kwas propionowy niszczy część mikroorganizmów znajdujących się w ziarnie i nie pozwala na rozwój nowych. Hamuje także proces fermentacji, co utrudnia tworzenie się łatwo rozpuszczalnych związków stanowiących pokarm dla mikroorganizmów. Aktywność enzymów zostaje ograniczona. Kwas oddziaływuje nie tylko na mikroflorę znajdującą się na powierzchni ziarna, ale niszczy również zarodniki przenikające do jego wnętrza. W dawkach stosowanych do konserwacji ziarna (0,5—3,0 kg/100 kg ziarna) nie obniża w zasadzie strawności składników pokarmowych, nie działa również toksycznie i nie obniża smakowitości ziarna. Właściwości konserwujące kwasu są wyższe w środowisku kwaśnym. Stosowanie kwasu propionowego wymagało sprawdzenia, jaki wpływ wywiera na zwierzęta konserwowane nim ziarno. Z przeprowadzonych badań wynika, że w organizmie zwierząt kwas propionowy jest zużytkowywany podobnie jak i inne kwasy tłuszczowe.

Prowadząc prace badawcze mające na celu wywołanie chemicznej toksyczności, Graham i Grice [8] wykazali, że dopiero 5% dodatek kwasu propionowego powoduje obniżenie przyrostu i pogorszenie wykorzystywania paszy. Obserwacje badanych zwierząt nie wykazały, aby parametry ich organizmów wykraczały poza granice norm fizjologicznych. Na uwagę zasługuje również fakt, że nie spotyka się doniesień o ujemnym wpływie kwasu propionowego na jakość produktów pochodzenia zwierzęcego. Co więcej, jak wynika z prac węgierskich [31], ziarno kukurydzy konserwowane kwasem propionowym jest 20—22% lepiej wykorzystane przez organizm zwierzęcy niż kukurydza suszona. Tak więc, w odpowiednich dawkach, kwas propionowy może być stosowany do konserwacji pasz bez ujemnego wpływu na organizmy zwierząt i jakość produktów uzyskiwanych tą drogą. Kaufman [14] stwierdził w swoich badaniach, że w odpowiednich warunkach, część kwasu propionowego zamienia się na laktozę i może być źródłem energii. Kwasem można konserwować zarówno ziarno, jak i rozdrobnione kolby kukurydzy.

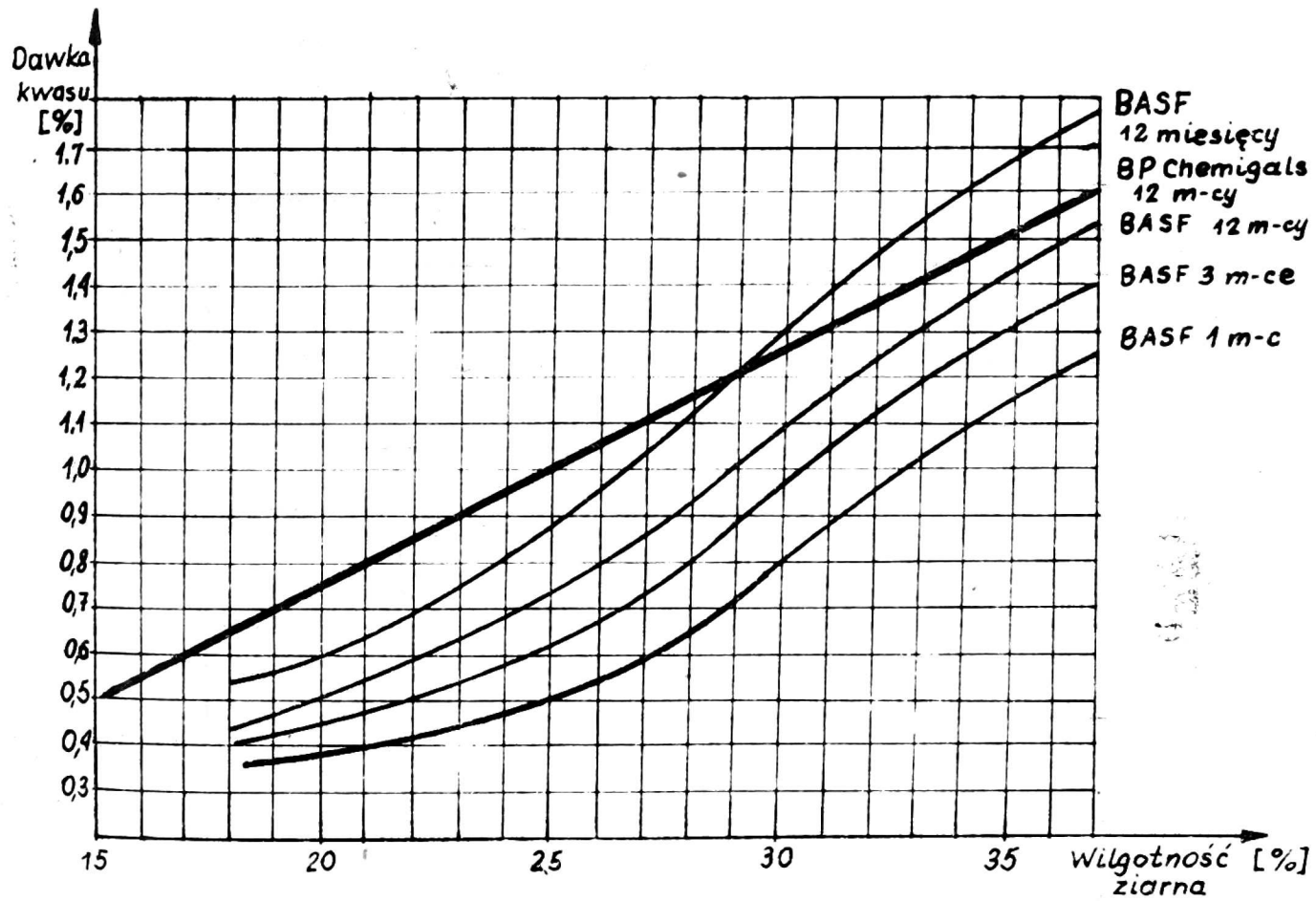
Ranauld [26] oraz Jansen i wsp. [13] wskazują na dużą przydatność tak zabezpieczonych pasz w opasie bydła i tuczu trzody chlewnej. Podkreślają to również Jambrich [12], Kosanowić oraz Peyraud [20]. Kwas propionowy nie wpływa zasadniczo na zmianę współczynników strawności i wartość pokarmową konserwowanego ziarna. Zależności te przedstawia (tab. 2) w swoich opracowaniach Jambrich [12]. Potwierdzają to również wyniki badań przeprowadzonych przez Cybulską [5].

Tabela 2

Współczynniki strawności i wartość pokarmowa dawek z udziałem ziarna kukurydzy różnie konserwowanego (wg Jambricha)

Wyszczególnienie	Ziarno kukurydzy		
	kiszone	konserwowane Luprosilem	suszone
Współczynniki strawności w (%)			
substancja organiczna	90,13	90,13	88,56
białko surowe	85,30	83,26	81,88
tłuszcz surowy	85,19	80,18	84,91
włókno surowe	44,60	52,76	35,02
bezazotowe wyciągowe	93,07	93,08	91,63
Zawartość białka strawnego (w %)			
w świeżej masie	8,97	9,73	10,26
— suchej masie	12,47	11,76	12,18
Zawartość jednostek owsianych w 1 kg dawki			
w świeżej masie	1,054	1,234	1,251
w suchej masie	1,494	1,491	1,485

Ilość kwasu propionowego potrzebnego do zakonserwowania ziarna zależy od jego wilgotności i długości przewidywanego okresu składowania. Wyniki badań wielu autorów [10, 17, 21, 28] nad zmianą liczby bakterii, pleśni i drożdży w ziarnie kukurydzy w zależności od dodatku kwasu propionowego i długości przechowywania pozwoliły na ustalenie wielkości dawek kwasu niezbędnych do prawidłowego zabezpieczenia ziarna. W oparciu o te badania opracowano tabele i wykresy umożliwiające szybkie ustalenie dawki kwasu dodawanej do ziarna. Duńska firma PRESIDENT [24], produkująca urządzenia do konserwacji, proponuje użytkownikom ustalenie dawki w oparciu o wykres przedstawiony na rys. 2. Opracowano go wykorzystując doświadczenia zachodnioniemiec-

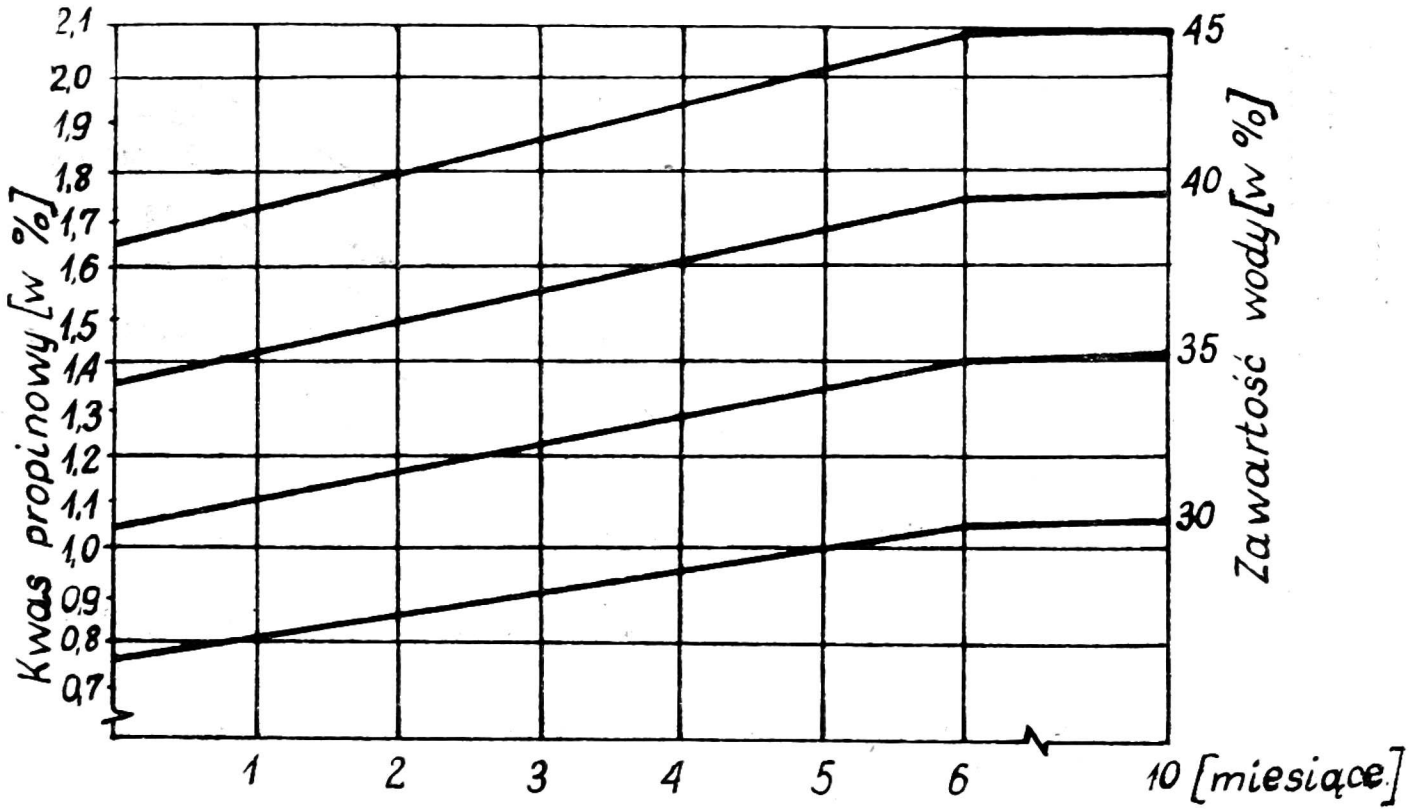


Rys. 2. Dawki kwasu propionowego do konserwowania ziarna kukurydzy w zależności od jego wilgotności i przewidywanej długości okresu przechowywania (wg materiałów firmy **PRESIDENT**).

kiej firmy BASF i brytyjskiej BP Chemicals. Z wykresu wynika, że dawka kwasu propionowego dla ziarna przechowywanego przez 12 miesięcy proponowana przez BP Chemicals jest nieco inna, niż to zaleca BASF. Podobne zalecenia, lecz obejmujące większy zakres wilgotności ziarna kukurydzy (do 45%) proponuje Fink [7], co przedstawia rys. 3. Maksymalna dawka kwasu dla ziarna o wilgotności 45% przewidywanego do przechowywania przez okres 10 miesięcy proponowana przez Finka wynosi więc 2,1 kg/100 kg ziarna.

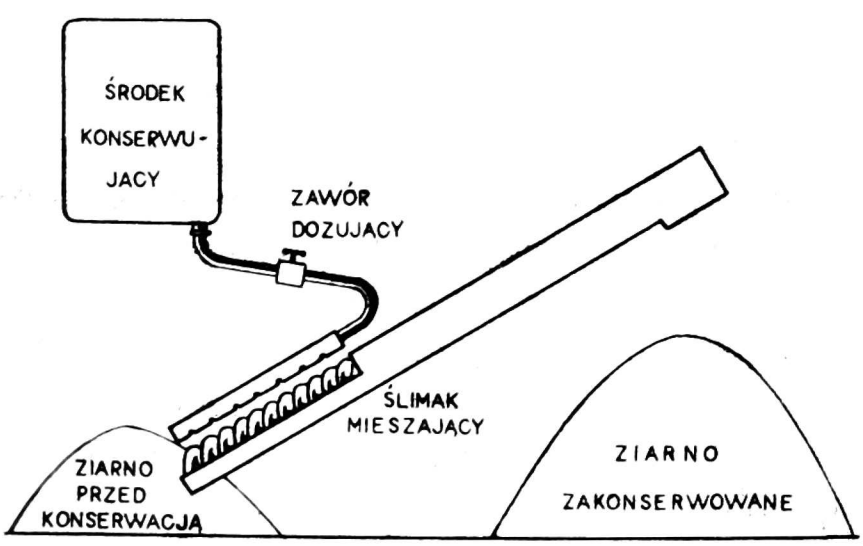
Przegląd konstrukcji urządzeń do konserwacji ziarna

Warunkiem prawidłowego przechowywania zakonserwowanego kwasem propionowym ziarna jest jego dokładne wymieszanie. Urządzenia wykorzystywane w tym celu nazywane są zaprawiarkami lub aplikatorami. W kraju nie produkuje się dotychczas zaprawiarek do konserwacji. Używane w badaniach zaprawiarki są modelami lub urządzeniami importowanymi. W krajach socjalistycznych maszyny takie o nazwie propitoks i propimob produkuje WRL [18].

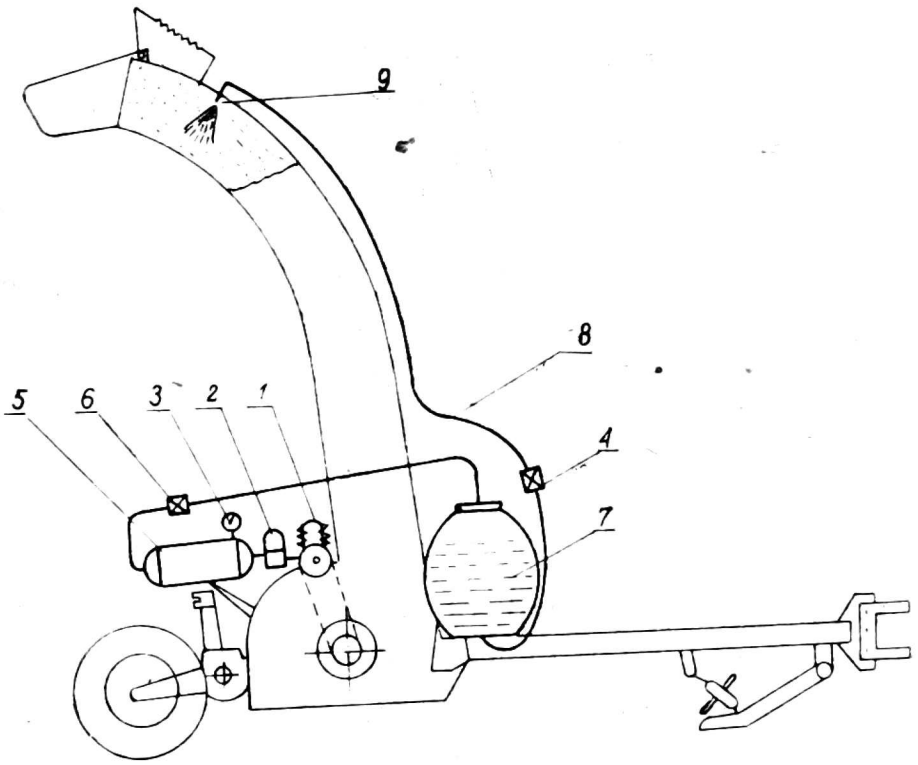


Rys. 3. Dawki kwasu propionowego do konserwowania ziarna kukurydzy w zależności od jego wilgotności i przewidywanej długości okresu przechowywania (wg F. Finka).

Schemat procesu konserwacji przedstawia rys. 4. Ziarno jest spryskiwane dozowaną ilością kwasu propionowego i dokładnie mieszane podczas przemieszczania w przenośniku ślimakowym. Przenośnik może mieć położenie poziome, ukośne lub pionowe. Inne rozwiązanie polega na kierowaniu rozpylanego strumienia kwasu na opadające ziarno i dalsze jego dokładne mieszanie w ślimaku. Zaprawiarki budowane są jako stacjonarne, przewoźne lub instalowane bezpośrednio na maszynie zbierającej. Te ostatnie spotyka się, również w sieczkarniach do zielonek: Wielka Brytania [19], RFN [16], a także NRD, ZSRR i USA [6, 23]. Przykład jego zastosowania przedstawiono na rysunku 5. Na silosokom-



Rys. 4. Schemat procesu chemicznej konserwacji ziarna ciekłym konserwantem.

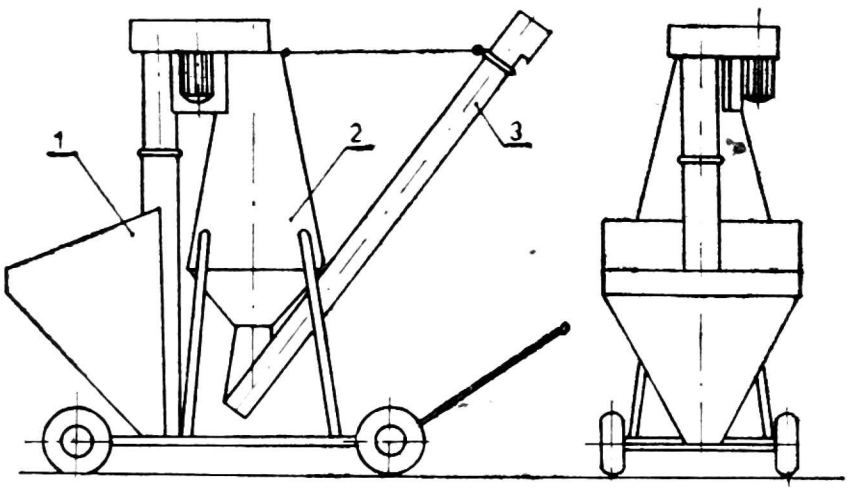


Rys. 5. Ścinacz zielonek przystosowany do konserwacji sieczki ciekłym konserwantem: 1 — sprężarka, 2 — filtr powietrza, 3 — ciśnieniomierz, 4 — zawór odcinający, 5 — zbiornik sprężonego powietrza, 6 — zawór redukcyjny, 7 — zbiornik z konserwantem, 8 — przewód cieczowy, 9 — rozpylacz.

bajnie typu bijakowego jest zamontowany „dozownik", który składa się ze sprężarki, filtru, ciśnieniomierza, zbiornika sprężonego powietrza, zaworu, zbiornika na preparat i dyszy rozpylającej. Sprężarka otrzymuje napęd od wału bębna bijakowego sieczkarni i spręża powietrze do ok. 5 atm. Preparat zostaje wyparty pod ciśnieniem ze zbiornika, przewodem do dyszy, gdzie zostaje rozpylony. Preparat miesza się ze strumieniem pociętej zielonki w momencie opuszczania przez nią kanału wyrzutowego. Ilość rozpryskiwanego preparatu można dowolnie regulować zaworami. Pojemność zbiornika na płyn może wynosić nawet kilkaset litrów [23].

W procesie konserwacji ziarna kukurydzy, kwas propionowy tłoczony jest do rozpylaczy przez pompę, wypływa ze zbiornika pod ciśnieniem wtłaczanego z butli gazu, albo też jest zasysany i rozpylany przez strumień tłoczonego przez sprężarkę powietrza. Najczęściej zaprawiarki są wyposażone w pompy tłoczące kwas propionowy. Ten sposób znacznie ułatwia kontrolę dawkowania kwasu.

Budowę zaprawiarek pokazano na przykładzie urządzeń budowanych, m. in. w Danii (24) i RFN (3). Rysunek 6 przedstawia schemat zaprawiarki AP-100 duńskiej firmy PRESIDENT. Jest to maszyna przewoźna

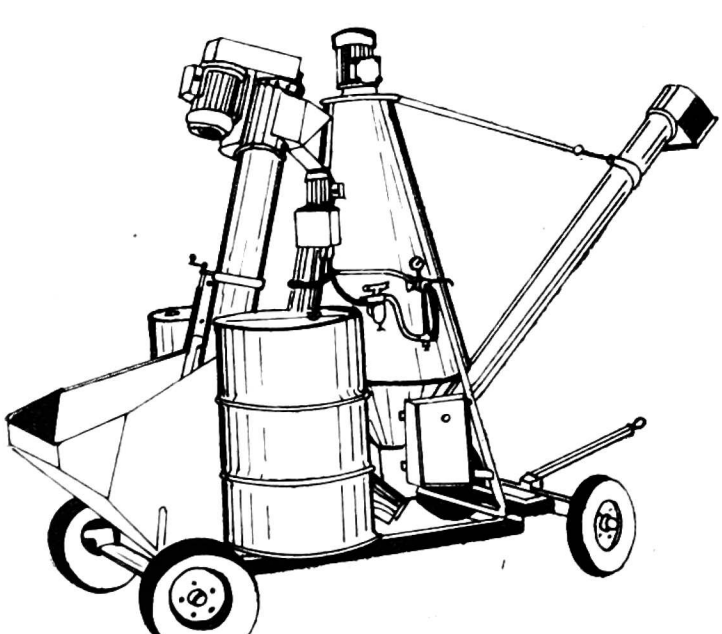


Rys. 6. Schemat przewoźnej zaprawiarki AP-100 produkcji duńskiej: 1 — kosz zasypowy, 2 — komora mieszania, 3 — ślimak wyładowczy.

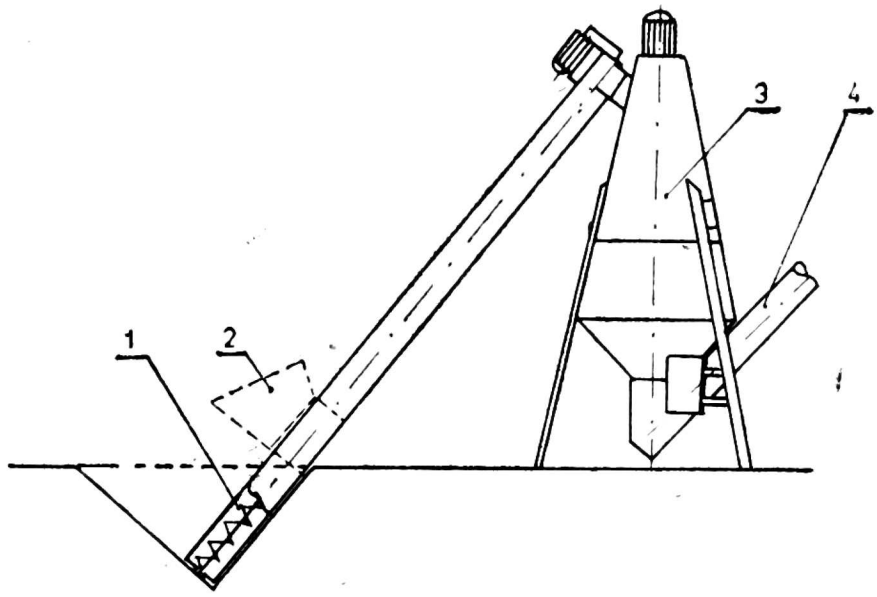
z własnym napędem elektrycznym. Jej wydajność wynosi 5—15 $t \cdot h^{-1}$ w zależności od dawki kwasu. Najistotniejszym elementem zaprawiarki jest komora mieszania, do której ziarno podawane jest z kosza zasypowego pionowym przenośnikiem. Opróżnianie komory mieszania odbywa się przy pomocy ukośnego przenośnika ślimakowego. Wszystkie aktywne elementy zaprawiarki otrzymują napęd od jednego wbudowanego silnika elektrycznego.

Inny model przedstawiono na rysunku 7. Zaprawiarka AP-200 ma wydajność ponad dwukrotnie wyższą (15—30 $t \cdot h^{-1}$) i jest również urządzeniem przewoźnym. Zastosowano w niej oddzielne elektryczne napędy przenośników ślimakowych, mieszadła i ssąco-tłoczącej pompy cieczowej. Zaletą jednego i drugiego modelu jest możliwość pobierania konserwanta w czasie pracy bezpośrednio z opakowań handlowych (pojemniki metalowe 200-litrowe).

Stacjonarna uniwersalna wersja modelu AP-200 (AP-200B) o takiej samej wydajności może być bardzo przydatna w warunkach gospo-

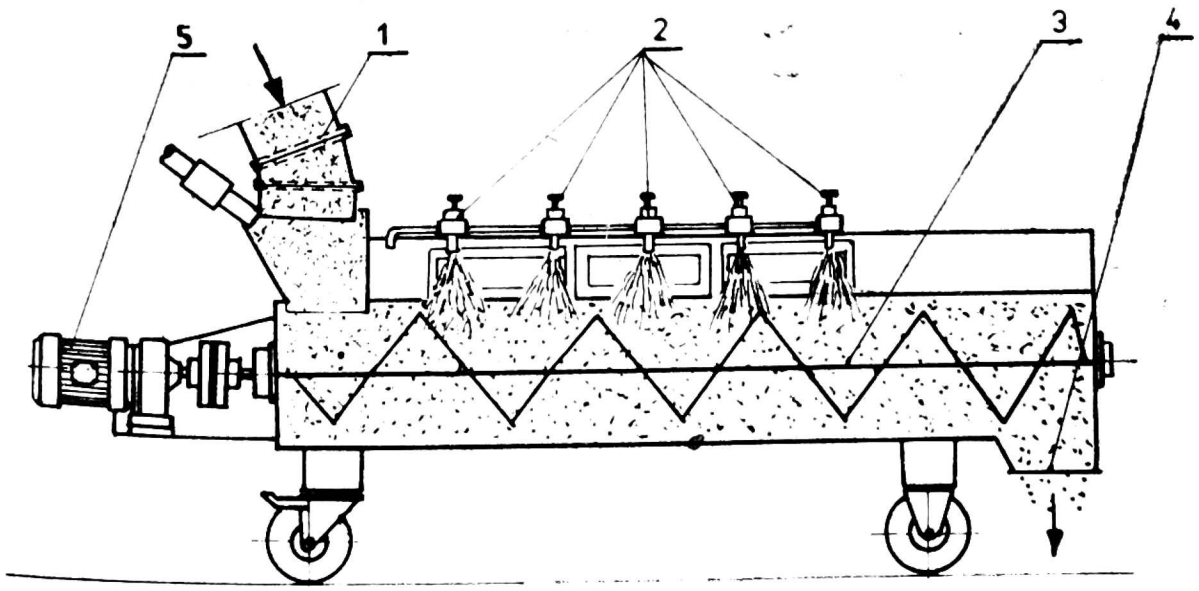


Rys. 7. Przewoźna zaprawiarka AP-200 produkcji duńskiej.



Rys. 8. Schemat stacjonarnej zaprawiarki duńskiej AP-200B: 1 — ślimak pobierający ziarno z kosza wgłębnego, 2 — kosz zasypowy naziemny, 3 — komora mieszania, 4 — ślimak wyładowczy

darstw wielkoobszarowych. Przykład tego rozwiązania przedstawiono na rysunku 8. Ten model przystosowany jest do pobierania ziarna z wgłębnego kosza zasypowego, do którego jest ono wyładowywane ze środków transportowych. Schemat zaprawiarki o dużej wydajności produkcji RFN przedstawiono na rysunku 9. Budowana jest w trzech wersjach o wy-

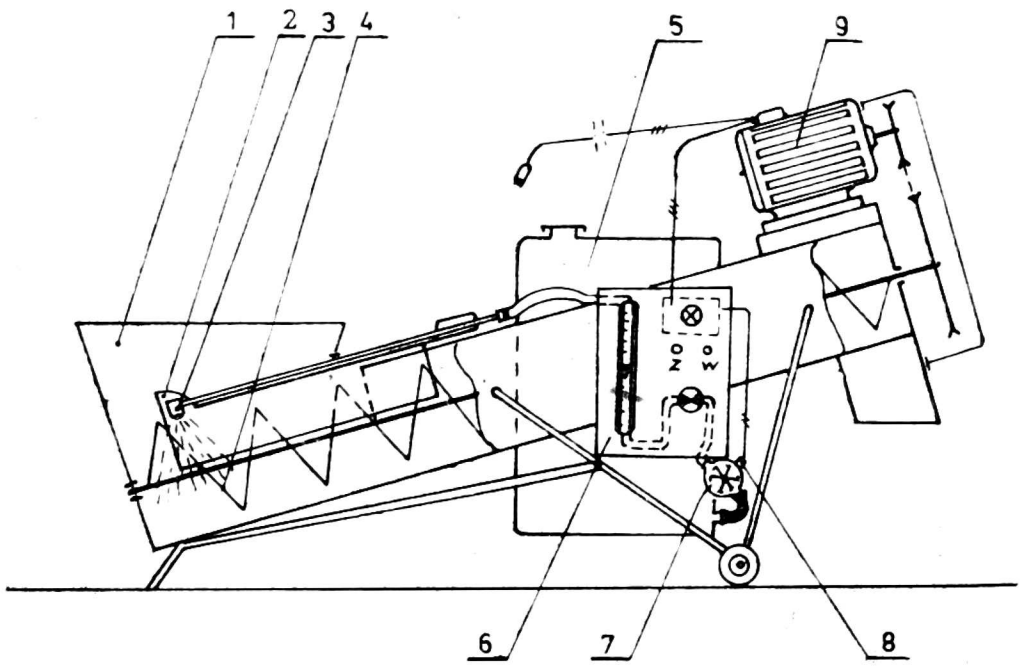


Rys. 9. Schemat przewoźnej zaprawiarki produkcji RFN: 1 — wlot ziarna, 2 — rozpylacze konserwanta, 3 — komora mieszania, 4 — wylot ziarna zakonserwowanego, 5 — silnik napędowy.

dajnościach 15, 30, 60 $t \cdot h^{-1}$. Jest konstrukcją przewoźną, z dużą komorą mieszania i własnymi napędami elektrycznymi. Producent gwarantuje dokładne rozpylenie i wymieszanie konserwanta z ziarnem oraz możliwość jego precyzyjnego dawkowania, co skutecznie zabezpiecza ziarno

w procesie jego składowania. Podobne i inne urządzenia budowane są, m. in. w Wielkiej Brytani i we Francji. Służą do konserwacji materiałów ziarnistych, jak też i pasz słomiastych pociętych na sieczkę.

W kraju nie produkuje się jak dotąd, specjalnych urządzeń do chemicznej konserwacji ziarna lub innych surowców paszowych. Eksploatowane konstrukcje pochodzą z importu (m. in. z RFN) lub też są modelami zbudowanymi w kraju. W szkołach wyższych próby takie podejmowano, m. in. w ART w Olsztynie i w AR w Lublinie. Na rys. 10 przed-



Rys. 10. Schemat modelu zaprawiarki zbudowanej w Instytucie Mechanizacji Rolnictwa AR w Lublinie: 1 — kosz zasypowy, 2 — zasuwa regulacji szczeliny wlotowej ziarna, 3 — rozpylacze, 4 — ślimak mieszający, 5 — zbiornik konserwanta, 6 — przepływomierz, 7 — pompa, 8 — czujnik najniższego poziomu konserwanta, 9 — silnik napędowy.

stawiono model niewielkiej przenośnej zaprawiarki o wydajności 6—12 $t \cdot h^{-1}$ (zależnie od przewidywanego okresu przechowywania). Model ten zbudowano w IMR AR w Lublinie. Charakteryzuje się prostą i zwartą konstrukcją i był zbudowany z myślą o potrzebach rolników indywidualnych do konserwacji niewielkich w zasadzie partii ziarna paszowego (przede wszystkim kukurydzy). Zaprawiarkę wyposażono w przepływomierz i zawór regulacji dawki konserwanta, a także w czujnik wyłączający napęd ślimaka mieszającego w przypadku opróżnienia zbiornika z konserwantem. Zaopatrzenie podwozia w dwa kółka jezdne znacznie ułatwia manewrowanie zaprawiarką.

Opisana zaprawiarka jest już trzecią modelową konstrukcją zbudowaną w AR Lublin i stanowi udoskonaloną wersję poprzedniego rozwiązania [29].

Pierwsze próby w tym zakresie przeprowadzono adaptując do chemicznej konserwacji magazynowy przenośnik T-205. Wyposażono go w rozpylacz wbudowany w obudowę przenośnika, zbiornik konserwanta i sprężarkę, która tłocząc powietrze rozpylała konserwant kierowany na przemieszczane wewnątrz obudowy przenośnika ziarno. Podstawowym mankamentem tego rozwiązania był brak możliwości płynnej regulacji i kontroli przepływu środka konserwującego. Przedstawione w dużym skrócie zagadnienia nie wyczerpują problemu zabezpieczenia wilgotnego ziarna, ale wskazują jednocześnie na duże krajowe potrzeby w tym zakresie. Rolnictwo, zwłaszcza w sektorze indywidualnym potrzebuje przewoźnych urządzeń suszarniczych, których eksploatacją mogą zająć się Spółdzielnie Kółek Rolniczych. Celowe może być również uruchomienie produkcji kwasu propionowego lub innych płynnych konserwantów oraz urządzeń służących do ich mieszania z ziarnem. Nawet przy zorganizowanym zapleczu suszarniczym ciekłe środki konserwujące mogą być wykorzystywane do wstępnego zabezpieczenia ziarna przed jego właściwym suszeniem.

Wnioski

1. Istniejące w kraju zaplecze suszarnicze nie gwarantuje możliwości zabezpieczenia wszystkich surowców paszowych. Trudności w tym zakresie występują głównie w gospodarstwach indywidualnych i w odniesieniu do ziarna, szczególnie kukurydzy, której produkcja jest dynamicznie rozwijana. Rozwiązaniem częściowym stosowanym równolegle z suszeniem, może stać się konserwacja ciekłymi konserwantami umożliwiającymi bezpieczne przechowywanie ziarna nawet przez okres jednego roku.

2. Warunkiem stosowania chemicznej konserwacji jest posiadanie środków konserwujących i odpowiednich urządzeń umożliwiających precyzyjne dawkowanie i mieszanie tych środków z ziarnem. Wśród konserwantów znaczne rozpowszechnianie w świecie uzyskał kwas propionowy zabezpieczający skutecznie wilgotne ziarno w procesie jego składowania. Jego przydatność została również potwierdzona w badaniach żywieniowych prowadzonych w kraju i za granicą.

3. W kraju nie produkuje się na skalę przemysłową kwasu propionowego i urządzeń do konserwacji. Należy rozważyć możliwość uruchomienia tej produkcji. Przeprowadzone dotychczas próby z modelami za-

prawiarek mogą doprowadzić do zbudowania dobrego modelu krajowej zaprawiarki. Muszą to być konstrukcje oryginalne, ponieważ adaptacje do tego celu produkowanych przez przemysł zaprawiarek do ziarna przed siewem (np. AZET) nie dały pożądanych rezultatów. W gospodarstwach małych, w których powierzchnia zasiewu kukurydzy na ziarno nie przekracza 2—3 ha należy uznać za celowe stosowanie przenośnych zaprawiarek o wydajności rzędu 5—10 t/h. Urządzenie takie może być stosowane w kilku sąsiednich gospodarstwach, co obniży koszty jego użycia.

W gospodarstwach większych, przy większych areałach kukurydzy uprawianej na ziarno zaleca się stosować kombajn zbożowy przystosowany do zbioru ziarna kukurydzy lub specjalny, przeznaczony wyłącznie do tego celu, z dodatkową instalacją umożliwiającą zaprawianie zebranego ziarna konserwantem ciekłym, przed wyładunkiem na środki transportowe [9].

4. Technika chemicznej konserwacji wilgotnego ziarna może stać się w obecnych warunkach podstawową metodą zabezpieczenia ziarna w gospodarstwach indywidualnych. W gospodarstwach uspołecznionych może być stosowane równolegle z suszeniem lub też stanowić metodę wstępnego zabezpieczenia ziarna przed procesem właściwego suszenia, przy nagromadzeniu znacznych ilości i ograniczonej wydajności urządzeń suszarniczych.