

ROLNICTWO ZA GRANICĄ

JACEK BIŁOWICKI

*Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie*AKTUALNE PROBLEMY ZBIORU I KONSERWACJI
PASZ ZIELONYCH W WIELKIEJ BRYTANII

W systemie brytyjskiego rolnictwa użytki zielone odgrywają poważną rolę. W 1969 roku łączna powierzchnia traw, motylkowych i pastwisk w Anglii i Walii wynosiła 4 007 475 ha, w tym użytki kośne 1 747 150 ha. Zebrane plony charakteryzuje tab. 1. Wiele uwagi poświęca się metodom zbioru i konserwacji zielonek, zarówno w aspekcie wykorzystania wartości pokarmowej roślin, jak oszczędności siły roboczej przy pracach z tym związanych.

Tabela 1

Plon zielonek zakonserwowanych różnymi metodami (Anglia i Walia, 1969)

	Ogółem ton	Sucha masa	
		ton	%
Siano	7 000 000	5 600 000	84,6
Kiszonka	4 250 000	935 000	14,1
Susz	90 000	81 000	1,3
Razem		6 616 000	100,0

Całokształt zagadnień wiążących się z mechanizacją zbioru i konserwacji pasz zielonych pozostaje w obrębie zainteresowań Narodowego Instytutu Techniki Rolniczej (N.I.A.E.) z siedzibą w Silsoe, Bedfordshire. Tematyka badawcza jest bardzo ściśle uwarunkowana potrzebami praktyki. Prowadzone prace, zarówno o charakterze podstawowym jak stosowanym, dotyczą poszczególnych ogniw i całych technologii zbioru i konserwacji pasz zielonych. Instytut pracuje przede wszystkim dla potrzeb rolnictwa, aczkolwiek wiele z wykonanych tematów zostało wykorzystane przez przemysł. Większość problemów jest rozwiązywana kompleksowo, przy współdziałaniu specjalistów z różnych dziedzin.

W artykule przedstawiono nowe kierunki w technologii zbioru i konserwacji zielonek, przede wszystkim w świetle prac badawczych prowadzonych przez Wydział Konserwacji Pasz i Sekcję Suszarnictwa N.I.A.E. oraz kilku innych placówek współpracujących z tym Instytutem. Wykorzystano również dostępną literaturę uzupełniającą.

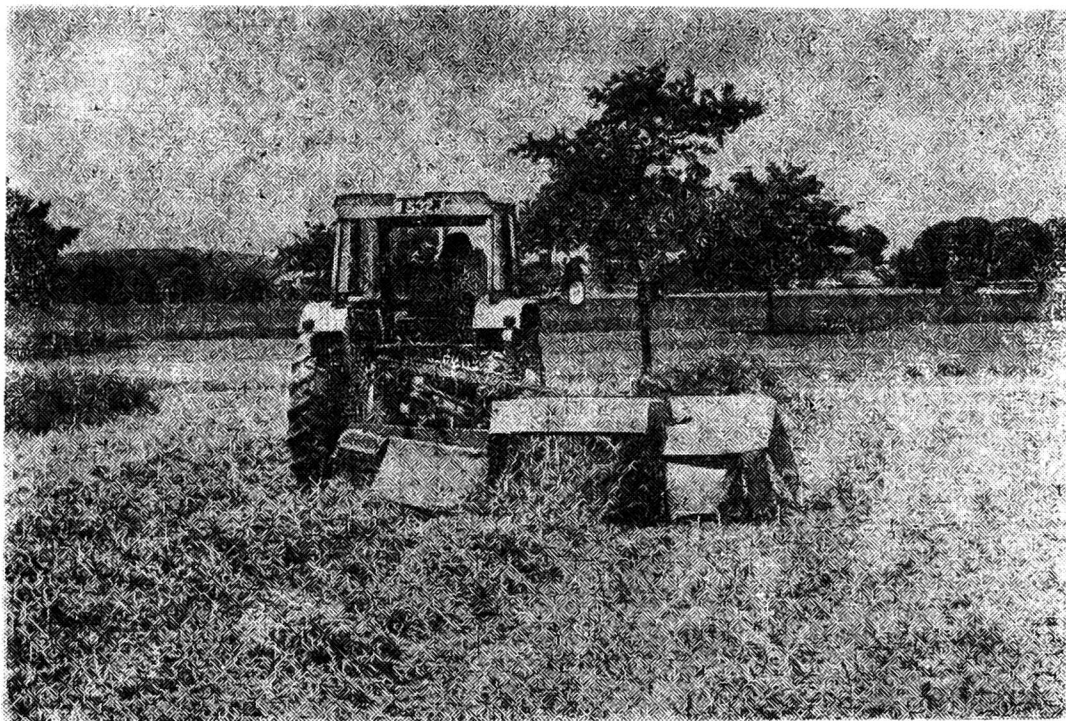
Koszenie zielonek

Kosiarki rotacyjne o dwóch elementach wirujących pozostawiają w połowie szerokości cięcia pasmo dłuższych łodyg na ściernisku. Zjawisko to zależy od szeregu zmiennych czynników. Badając kosiarki rotacyjne bębnowe o szerokości cięcia 1,5 i 2,1 m mierzono m. in. szerokość i wysokość pozostawianego pasma łodyg przy zmianach prędkości obwodowej bębnow kosiarek w granicach 4250—5100 m/min, zakresu wysokości cięcia od 10 do 50 mm (najczęściej stosuje się wysokość 40 mm) i przy prędkości jazdy około 9,7 km/h; wprowadzano także różny kształt i kąt ustawienia nożyków. Badania były prowadzone w warunkach polowych i na stanowiskach laboratoryjnych. Porost rośliny dostarczany do laboratorium z pola lub szklarni umieszczano w paletach, przesuwanych z określoną prędkością pod zamocowanym stacjonarnie zespołem tnącym. Wyniki pomiarów są wykorzystywane do opracowywania modeli matematycznych działania kosiarek; efektem końcowym jest ulepszanie konstrukcji maszyn.

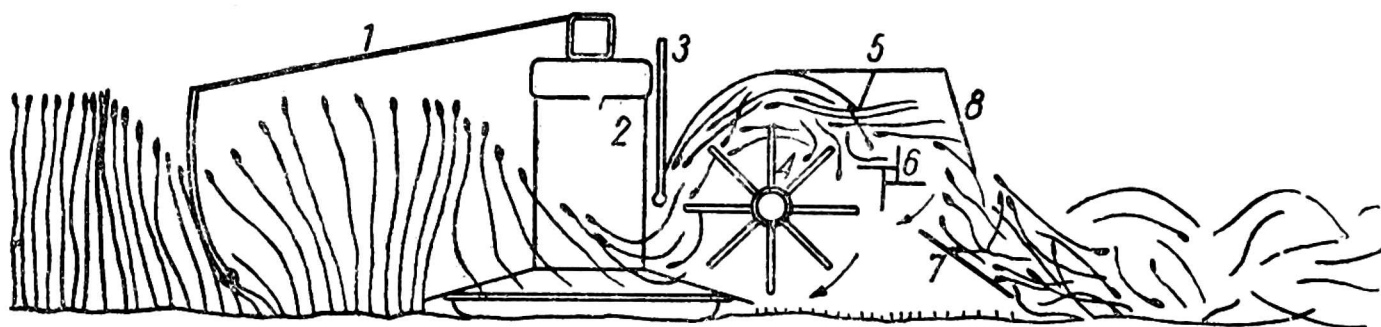
Badania stanowiskowe szeroko stosowane w pracach N.I.A.E., umożliwiają prowadzenie doświadczeń także poza normalnym sezonem wegetacji, pozwalają na wyizolowanie wpływu poszczególnych czynników oraz badanie istotnych parametrów procesu i ich współzależności w znacznie szerszym zakresie, niż byłoby możliwe w warunkach polowych. Symulowanie sytuacji polowych i tworzenie modeli matematycznych prowadzi do różnych rozwiązań praktycznych.

Koszenie z „bijakowaniem” pokosu

Przy wilgotnej pogodzie i wysokich plonach istnieje problem szybkiego podsuszania zielonej masy po skoszeniu. Od roku 1969 prowadzone są w N.I.A.E. badania różnych kosiarek listwowych i rotacyjnych, wyposażonych w dodatkowe wirniki bijakowe (rys. 1 i 2). Maszyny te mają za zadanie uszkodzenie struktury skoszonych roślin, głównie łodyg, dzięki czemu wysychanie pokosów zachodzi szybciej i bardziej równomiernie. Intensywność zabiegu powinna być dostosowana do gęstości porostu, ażeby nie powodować zbyt wysokich strat mechanicznych.



Rys. 1. Doświadczalna maszyna konstrukcji N.I.A.E. do koszenia i bijakowania siana przy pracy na lucernie.



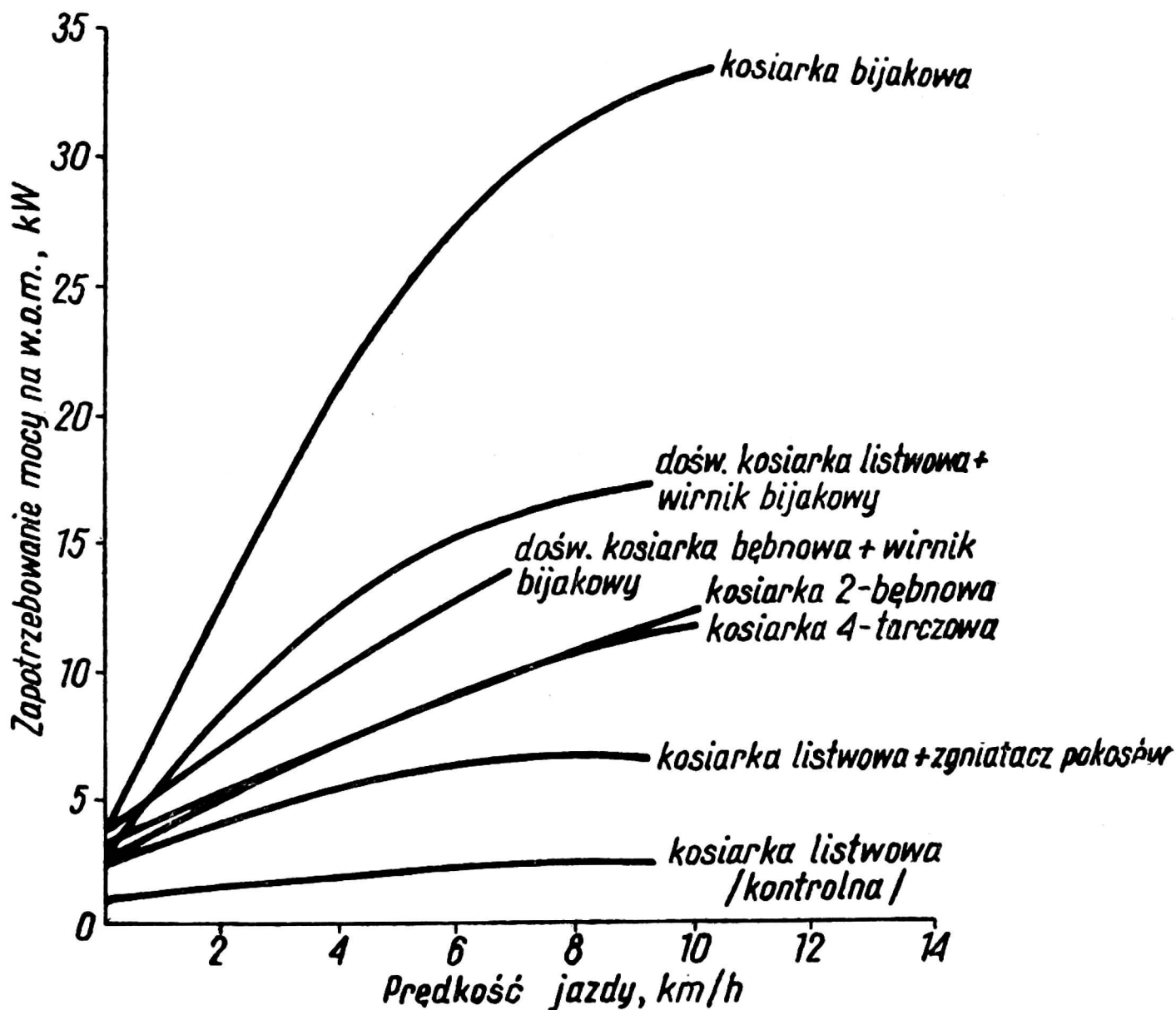
Rys. 2. Doświadczalna kosiarka rotacyjna bębnowa zagregatowana z wirnikiem bijakowym (wg N.I.A.E.).

- 1 — wysunięta do przodu osłona zabezpieczająca
- 2 — obrotowy bęben kosiarki
- 3 — belka miażdżąca rośliny (z regulacją pionową)
- 4 — wirnik bijakowy
- 5 — obudowa wirnika
- 6 — wirnik zgarniający i nastraszający pokos
- 7 — dolna płytka formująca pokos w wał
- 8 — osłona tylna

Wirnik bijakowy działa zarazem jako przetrząsacz pokosów; materiał roślinny wyrzucany ku tyłowi poprzez osłonę układa się w formie nastroszonego wału. Eliminuje się w ten sposób pewną ilość przejazdów po polu.

W 1973 roku badano 7 różnych kombinacji tych maszyn; najlepsze rezultaty pod względem jakości pracy uzyskała kosiarka rotacyjna 2-bębnowa, wyposażona w dodatkowy wirnik bijakowy o 940 obr./min.; wydaj-

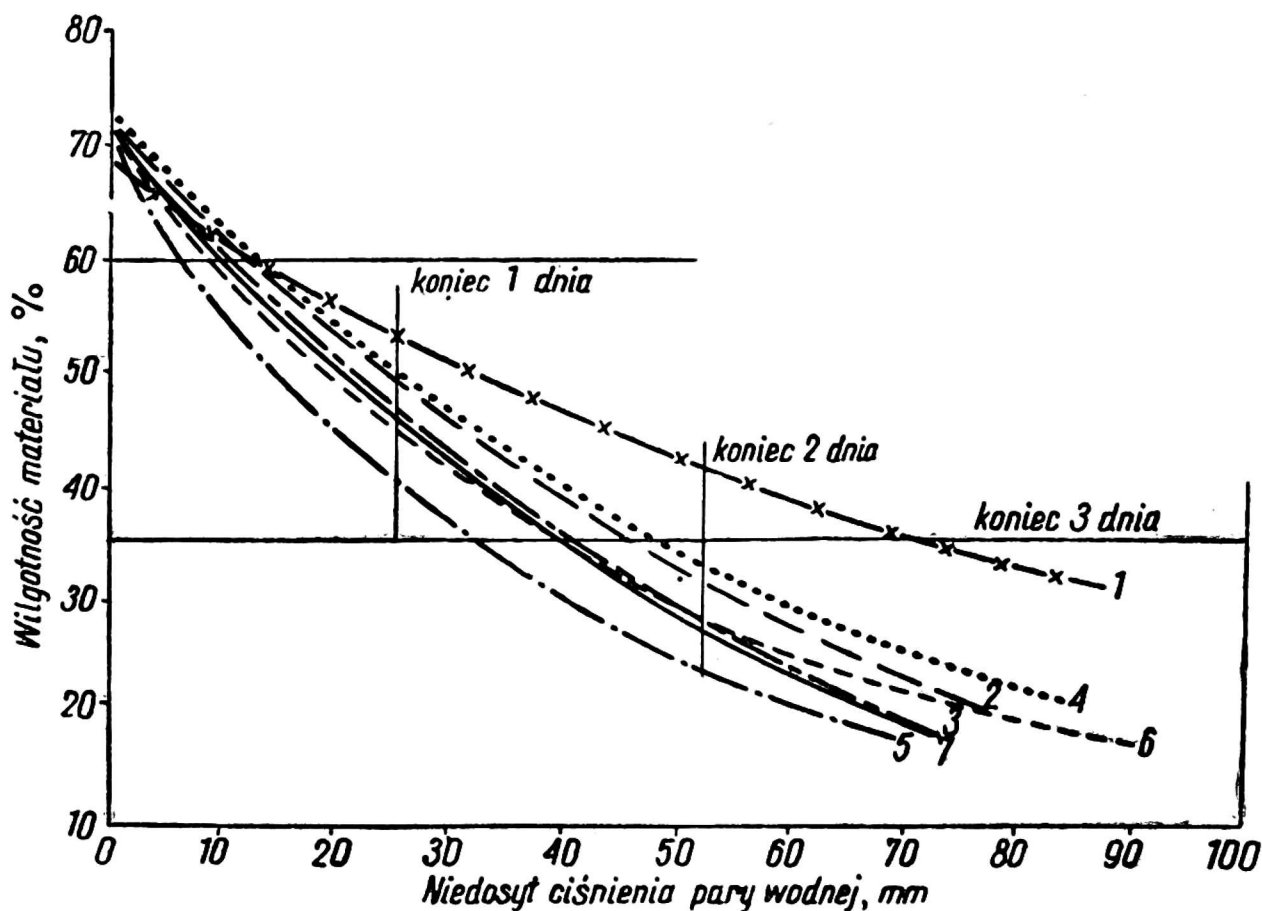
ność maszyny dochodziła do 3 ha/h. Zapotrzebowanie mocy oraz dynamikę wysychania pokosów ilustrują rys. 3 i 4.



Rys. 3. Zapotrzebowanie mocy przy zbiorze traw (wg N.I.A.E.)

Konstruowano i badano bijaki o różnym kształcie i sposobie mocowania. Najlepsze w użyciu okazały się bijaki o kształcie litery Y i kącie rozwarcia około 35° , mocowane śrubami do wirnika w układzie spiralnym. Umieszczona u nasady każdego bijaka gumowa poduszka amortyzuje przy uderzeniu w twarde przedmioty.

Dotychczas badano kosiarki o szerokości roboczej 1,5 i 2,1 m, przewidziane do współpracy z ciągnikami małej i średniej mocy. Dalsze doświadczenia prowadzone są z modelem maszyny o szerokości roboczej 3 m. Idea łączenia kosiarki z wirnikiem bijakowym (patent N.I.A.E.) została zaakceptowana przez wielu użytkowników i maszyny tego typu wchodzi do produkcji przemysłowej.



Rys. 4. Dynamika wysychania pokosów kostrzewy łąkowej w 1973 r. (wg N.I.A.E.).

- 1 — kosiarka listwowa (kontrolna)
- 2 — dośw. kosiarka bębnowa + wirnik bijakowy 750 obr/min, belka miażdżąca wysoko
- 3 — j.w., belka miażdżąca nisko
- 4 — dośw. kosiarka bębnowa zawieszana + wirnik bijakowy o 750 obr/min
- 5 — j.w., wirnik bijakowy o 934 obr/min
- 6 — dośw. kosiarka listwowa + wirnik bijakowy o 760 obr/min
- 7 — kosiarka bijakowa

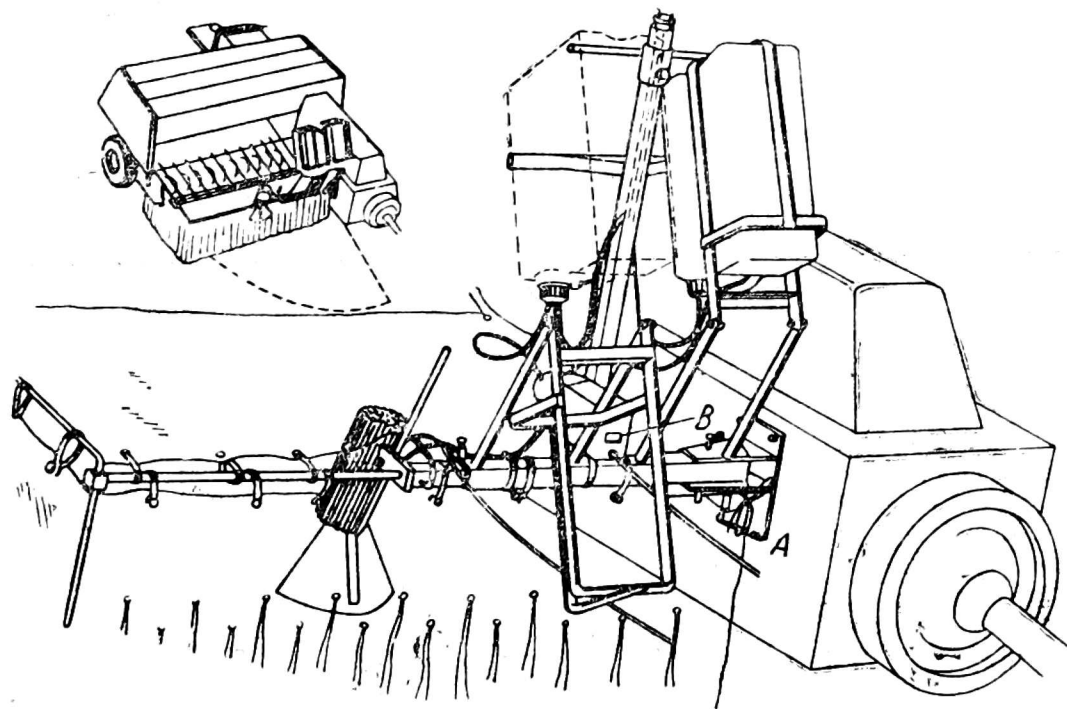
Zastosowanie kwasu propionowego

Przy zbiorze zielonek na siano kwas propionowy może być użyty jako desykant — przyspieszając wysychanie roślin na pniu lub świeżo skoszonych, albo jako konserwant — zapobiegając psuciu się siana zbieranego przy wyższych wilgotnościach. Przedmiotem zainteresowania jest głównie działanie konserwujące kwasu, zapobiegające zagrzewaniu się i pleśnieniu siana. Podstawowy problem stanowi równomierne rozprowadzenie i zmieszanie kwasu z materiałem roślinnym.

Siano na fermach brytyjskich jest zbierane prawie w całości prasami zbierającymi. W związku z tym opracowuje się metody dozowania i rozprowadzania kwasu w masie siana tuż przed lub w trakcie prasowania, montując urządzenia dozujące na prasie. Badano różne rozmieszczenia końcówek dozujących kwas na podbieracz palcowy, do wnętrza osłony przed komorą prasowania lub do samej komory prasowania, od góry i od

spodu. Stosowano końcówki opryskujące pojedyncze i rozmieszczone wachlarzowo. Belka opryskująca okazała się bardziej skuteczna od końcówek pojedynczych. Natomiast przy użyciu atomizatora kwas ulegał nadmiernemu rozpyleniu, tym samym następowały duże straty z przepływającym powietrzem i na skutek parowania. Doświadczenia wykazały, że średnica kropeł nie powinna być mniejsza niż 100—120 mikronów.

Próbowano montować na czole tłoka prasy końcówki, którymi kwas był wtryskiwany w masę prasowanego siana podczas każdego suwu tłoka; sposób ten nie okazał się jednak praktyczny. Firma BP Chemicals oferuje urządzenie (rys. 5) wyposażone w napędzany elektrycznie atomizator



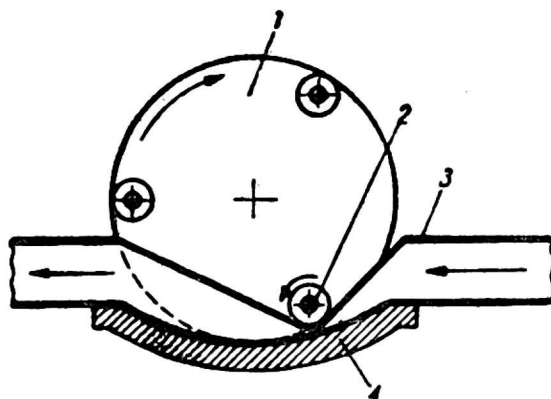
Rys. 5. Urządzenie dozujące kwas propionowy do zamontowania na prasie zbierającej: A — sposób mocowania do prasy, B — regulator dawkowania kwasu.

z wirującą tarczą, oraz regulację przepływu w zakresie 0—35 galonów/h opryskujące siano przed podbieraczem palcowym prasy.

W N.I.A.E. zachęcające rezultaty uzyskano instalując urządzenie dozujące kwas na przetrząsaczu Bamford o szerokości roboczej 1,2 m, który podbiera siano z pokosów, przetrząsa i układa w wały. Podwójną końcówkę opryskującą zainstalowano ponad poziomym wirnikiem o sprężynowych zębach, pracujących z prędkością około 500 obr./min. Bezpośrednio po tym zabiegu materiał jest zbierany z wałów prasą zbierającą. Czynnione są próby agregatowania przetrząsacza dozującego kwas i prasy zbierającej z jednym ciągnikiem.

W doświadczeniach z prasą formującą duże bele oraz przyczepą zbierającą systemu Hesston Stak-Hand przewidziano dozowanie kwasu propionowego przy użyciu pompy obrotowej (rys. 6) o prostej konstrukcji. Na

Rys. 6. Schemat pompy obrotowej stosowanej do kwasu propionowego: 1 — wirnik, 2 — rolki obrotowe, 3 — gumowy przewód rurowy, 4 — metalowa podstawa.



obwodzie wirnika (1) o średnicy około 20 cm i regulowanej bezstopniowo liczbie obrotów, zamocowane są w równych odstępach trzy rolki (2), kolejno dociskające przewód gumowy (3) do półokrągłej podstawy (4), powodując pulsujący przepływ cieczy w przewodzie. Części metalowe pompy nie stykają się z kwasem.

Kwas propionowy stosuje się na ogół czysty, nie rozcieńczony, lub składnik preparatów firmowych (np. Haysavor lub Hayguard) w połączeniu z kwasem mrówkowym i octowym. Zalecane dawki czystego kwasu propionowego zależą od wilgotności zbieranego siana:

wilgotność siana:	dawka kwasu wagowo:
do 30 ⁰ / ₀	1 ⁰ / ₀
do 35 ⁰ / ₀	2 ⁰ / ₀
ponad 35 ⁰ / ₀	3 ⁰ / ₀

Zaprawianie kwasem siana o wilgotności ponad 40⁰/₀ nie zabezpiecza przed pleśnieniem i psuciem się podczas przechowywania; materiał taki powinien być przeznaczony na kiszonkę lub dosuszany przez wentylację.

Szczególnie ważne jest rozwiązanie regulacji dawkowania kwasu odpowiednio do masy i wilgotności siana. Uwzględnia się z jednej strony skuteczność działania konserwującego, z drugiej — koszty użycia kwasu, które muszą pozostawać w rozsądnych granicach. Cena kwasu propionowego w 1974 r. wynosiła około 1 funta ang. za 1 galon (około 4,5 l), a przybliżony koszt zaprawiania przy dawce 1⁰/₀ około 2 funty/t siana, przy dawce 2⁰/₀ około 4 funty/t siana.

Doświadczenia z przechowywaniem siana po zaprawianiu kwasem propionowym przeprowadzono w skali półtechnicznej. Bele siana z traw o stopniu zgniotu 100—200 kg/m³ i wilgotności 30—35⁰/₀ przechowywano w niewielkich stogach pod dachem przez 5—6 miesięcy, kontrolując temperaturę i rozwój pleśni. Temperatura była rejestrowana w sposób ciągły przy użyciu termopar miedź-konstantan połączonych z wielopunktowym rejestratorem. Próbkę siana do analiz pobierano za pomocą sondy, wycinając słupek wzdłuż wybranej beli. Temperatura siana z dodatkiem kwasu nie przekraczała 30—40°C, natomiast bele kontrolne, nie zaprawione kwasem, zagrzewały się intensywnie. W trakcie przechowywania nastę-

powwały stopniowe ubytki kwasu z siana, osiągające po upływie 5—6 miesięcy 68—90% ilości początkowej. W miarę ubytku kwasu obserwowano wzrost mikroflory w sianie; zahamowanie tego wzrostu byłoby możliwe poprzez zwiększenie trwałości preparatu. W 1974 roku prowadzono doświadczenia z przechowywaniem siana w belach o wilgotności około 40%, przy różnych dawkach i sposobach zaprawiania kwasem.

Zaprawianie kwasem propionowym siana o wilgotności ponad 30% wydaje się stanowić rozwiązanie alternatywne w stosunku do sztucznego dosuszania, zarówno pod względem strat suchej masy (tab. 2), jak i kosztów (tab. 3); dopracowania wymaga strona techniczna dozowania kwasu.

Tabela 2

Straty suchej masy przy przechowywaniu siana dosuszanego w stodole i zaprawianego kwasem (wg Charlick'a)

Wilgotność przy zbiorze (%)	Straty suchej masy (%)	
	siano dosuszane w stodole	siano zaprawione kwasem propionowym *)
30	4,5	7,0
40	6,0	8,4
50	7,7	9,3

*) dawka kwasu przy zaprawianiu odpowiednio 1, 2 i 3% dla siana o wilgotności 30, 40 i 50%.

Tabela 3

Nakłady w funtach na tonę siana związane z dosuszaniem w stodole i zaprawianiem kwasem propionowym (wg Charlick'a)

Wilgotność przy zbiorze (%)	Suszenie w stodole			Zaprawianie kwasem *)		
	koszty stałe	koszty zmienne	ogółem	koszty stałe	koszty zmienne	ogółem
30	1,85	0,55	2,40	0,62—1,25	1,62	2,24—2,87
40	1,85	1,47	3,32	0,62—1,25	3,23	3,85—4,48
50	1,85	4,09	5,94	0,62—1,25	4,85	5,74—6,10

*) dawka kwasu przy zaprawianiu odpowiednio 1, 2 i 3% dla siana o wilgotności 30, 40 i 50%.

Pod względem własności chemicznych kwas propionowy jest zbliżony do kwasu octowego. Działanie korozyjne na metalowe części maszyn nie stanowi istotnego problemu i uwidacznia się dopiero po długotrwałym kontakcie. Produkowane obecnie różne powłoki zabezpieczające są odporne na działanie kwasu propionowego.

Metody szybkiego oznaczania wilgotności zielonki

Przy zaprawianiu kwasem propionowym siana dobór dawki kwasu odpowiedniej do wilgotności materiału decyduje o skuteczności zabiegu. Farmer musi mieć możliwość szybkiej i dokładnej oceny wilgotności siana przed rozpoczęciem zbioru z pola. Stosowane dotychczas metody oznaczania wilgotności dawały wyniki z dużym opóźnieniem albo z dużą niedokładnością. Znajdujące się na rynku wilgotnościomierze elektryczne, przeznaczone głównie do ziarna, nie odpowiadają wymaganiom ze względu na małą dokładność wskazań, konieczność przeliczania wyników według tablic wzorcowych, duży ciężar i niewygodną obsługę.

W związku z tym podjęto w N.I.A.E. badania mające na celu opracowanie szybkiej metody pomiaru wilgotności zielonki, opartej na oznaczaniu stałej dielektrycznej (przy częstotliwości 1—20 MHz) materiału roślinnego. Przeprowadzane pomiary różnicują gatunek, stadium dojrzałości i wilgotności roślin; bada się osobno liście i łodygi roślin motylkowych. Metoda pozostaje jeszcze na etapie badań laboratoryjnych, uzyskuje się jednak dużą dokładność w porównaniu z kontrolną metodą suszarkową (w 105°C).

Rozwinięciem omawianej metody jest opracowanie przyrządu do pomiaru stałej dielektrycznej w belach zielonki opuszczających prasę zbierającą. Przyrząd jest montowany na prowadnicach ślizgu prasy, gdzie metalowe elementy prowadnic zastąpiono tworzywem izolującym elektrycznie. Z góry i z dołu oraz po bokach ślizgu umocowane są na izolatorach płytki miedzianych elektrod. Całość osłonięto przeciwzakłóceniovym ekranem z siatki metalowej. Istnieje sześć kombinacji pomiaru wilgotności wewnątrz beli siana — osiowo, w pionie i w poziomie oraz po przekątnych. Stwarza to możliwość określenia rozkładu wilgotności na przekroju poprzecznym beli. Ruchome przewody elektryczne powodują pewne niedokładności wskazań przyrządu, który dotychczas przechodził próby stanowiskowe w laboratorium, obecnie ma być użyty w warunkach polowych.

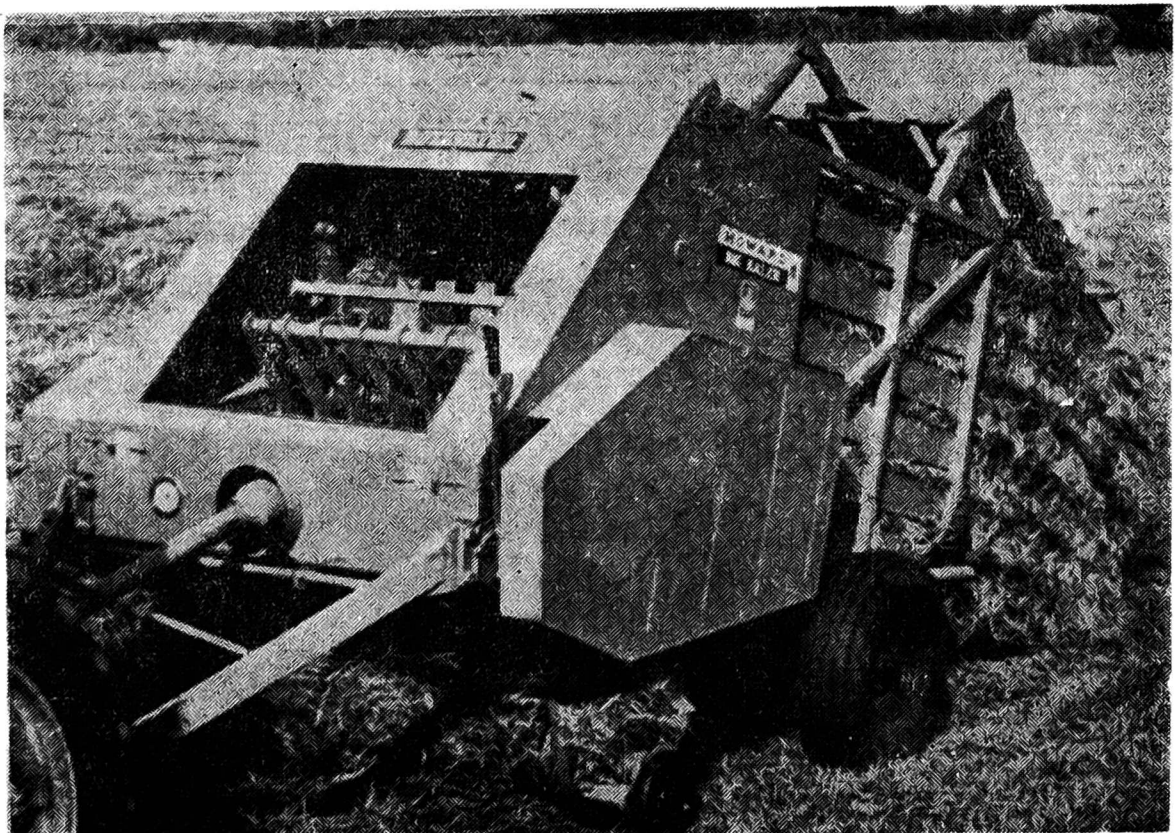
Zbiór i suszenie siana sprasowanego w duże bele

Doświadczenia z technologią zbioru dużych bel siana koncentrują się głównie wokół pras typu Bigbaler firmy Howard-Rotavator, formujących przez ugniatanie prostopadłościennych bele wiązane sznurkiem. W 1973 r. pracowało na fermach brytyjskich około 50, w 1974 — ponad 200 tych maszyn, uzyskując na ogół pozytywną ocenę użytkowników. Charakterystykę prasy Bigbaler przedstawiono w tabeli 4.

Charakterystyka prasy Bigbaler firmy Howard Rotavator

Wymiary maszyny: długość	4,65 m
wysokość	2,30 m
szerokość	2,33 m
Masa maszyny rozładowanej	2,5 t
Zapotrzebowanie mocy na wale	40—60 KM przy 540 obr/min
Wydajność znamionowa	20 t/h
Wymiary beli siana	1,5×1,5×2,1—2,4 m
Masa beli: sucha słoma	300—400 kg
suche siano	300—680 kg
półsuche siano	600—800 kg
Sposób wiązania bel	3 sznurki propylenowe o wytrzymałości na zrywanie 272 kg
Mechanizm wiążący	3 niezależne aparaty wiążące systemu Rasspe (prod. RFN)
Zużycie sznurka	około 3 szpule na 100 bel (o około 50% mniej niż w prasie konwencjonalnej)
Prędkość robocza	6,4—12,8 km/h

Prasa Bigbaler (rys. 7) jest zaczepiana do ciągnika „w linii”, co zapewnia łatwość manewrowania i przydatność do pracy w terenie pagórkowatym. Uzyskiwany stopień zgniotu nie odbiega od pras konwencjonalnych, wynosząc od około 120 kg/m³ przy wilgotności prasowanego mate-



Rys. 7. Prasa Bigbaler firmy Howard zbierająca i prasująca siano w duże bele.

riału poniżej 20%, do ponad 200 kg/m³ przy wilgotności przekraczającej 35%. Siano po sprasowaniu w duże bele ulega łatwiej samozagrzeniu, niż w belach tradycyjnych. Przy wilgotności 30% i wyższej temperatura dość szybko wzrasta, dochodząc do 65°C, co prowadzi do rozwoju pleśni. Dlatego też duże bele wymagają szybkiego dosuszania.

Doświadczenia polowe ze zbiorem i dosuszaniem dużych bel są prowadzone przez N.I.A.E. w gospodarstwie doświadczalnym Drayton, gdzie w 1973 r. zebrano tą metodą ponad 400 t siana. Kształt i wielkość dużych bel stwarzają potrzebę odpowiedniego wyposażenia do przeładunku i transportu. Do zbierania z pola, układania i rozładunku bel z przyczep oraz przeładunku w miejscu dosuszania i składowania stosowany jest czołowy podnośnik-chwytnik Farmhand (rys. 8), z zaciskanymi i rozsuwa-



Rys. 8. Układanie dużych bel siana na przyczepie przy użyciu czołowego chwytaka-podnośnika Farmhand.

nymi hydraulicznie szczękami. Podnośnik jest zawieszany na ciągniku o mocy 60—70 KM. Manewrowanie podnośnikiem może nastroić trudności w pomieszczeniach, z tego względu do składowania siana w tej postaci najbardziej nadają się szopy bez ścian lub inne budynki odpowiednio adaptowane. Do transportu dużych bel stosowane są przyczepy o nośności około 6 ton.

W systemie zbioru dużych bel siana przewiduje się, że 1 człowiek dysponujący odpowiednim sprzętem, może przeprowadzić załadunek, transport i rozładunek z wydajnością ponad 5 t/h. Dosuszanie przeprowadzane jest w stertach kanałowych z bel ułożonych w trzech warstwach do wysokości około 4,5 m. Do dosuszania stosowano przewoźne agregaty

Lister; agregat taki składa się z wentylatora osiowego napędzanego chłodzonym powietrzem silnikiem wysokoprężnym. Powietrze chłodząc silnik ulega podgrzaniu o 4—9°C, zależnie od wydatku wentylatora.

W poszczególnych stertach gromadzono i suszono 15—25 ton siana. Przy przepływie powietrza 56 m³/min i t siana, pod ciśnieniem 24 mm słupa wody, dosuszanie sterty o masie siana 15 ton od wilgotności 29⁰/₀ do 17⁰/₀, wymagało ponad 113 godzin wentylacji. Po suszeniu obserwowano jeszcze znaczne zróżnicowanie wilgotności siana powodowane niejednorodnym zagęszczeniem materiału w dużych belach; w wyniku działania prasy tworzą się w nich „wiązki” ugniecione silniej od pozostałej masy, utrudniające przepływ powietrza podczas dosuszania.

W nawiązaniu do doświadczeń w skali technicznej przeprowadzane są w N.I.A.E. badania przebiegu suszenia pojedynczych dużych bel siana w warunkach laboratoryjnych. Belę o określonej wilgotności układa się na sicie suszarki o powierzchni około 1 m². Boki beli są ściśle obciążone gumowaną tkaniną, umożliwiającą przepływ powietrza od dołu ku górze. Zależnie od sposobu ułożenia beli powietrze może przepływać poprzecznie lub wzdłuż występujących w niej „wiązek”. Podczas suszenia rejestruje się automatycznie natężenie przepływu i ciśnienie powietrza, temperatury w 24 punktach oraz wagowe ubytki wilgoci w czasie. Dosuszano bele siana od wilgotności 30—40⁰/₀ do 12—15⁰/₀, stosując m. in. przepływ nieogrzewanego powietrza około 51 m³/min. pod ciśnieniem około 50 mm H₂O. Straty suchej masy siana podczas dosuszania wynosiły około 3,5⁰/₀.

Badania laboratoryjne mają na celu określenie przebiegu suszenia w warunkach idealnego przepływu powietrza przez bele, przy różnych wilgotnościach materiału i natężeniach przepływu powietrza. Uzyskane dane posłużą do opracowania matematycznego modelu procesu i optymalizacji konstrukcji suszarni.

Kilka stogów bel z siana o różnej wilgotności ustawiono na polu nie stosując dosuszania. Dwa z nich zabezpieczono od góry wodoszczelnym przykryciem, resztę pozostawiono bez przykrycia, sprawdzając stopień zagrzewania się i odporność na warunki atmosferyczne. Trawa sprasowana przy wilgotności 20⁰/₀ nie zagrzewała się, natomiast trawa i lucerna o wilgotności 24—30⁰/₀ osiągnęły temperaturę 35—55°C utrzymującą się następnie przez około 3 miesiące; obserwowano tu pleśnienie siana. W stogach nie przykrytych penetracja wody deszczowej osiągała głębokość 15 cm. Dalsze badania mają na celu określenie optymalnych sposobów przechowywania dużych bel siana.

Idea prasowania w duże bele, ułatwiająca manipulację i przeładunek siana oraz pozwalająca na znaczne oszczędności robocizny, została wcześniej zrealizowana w USA, m. in. w postaci pras zwijających systemu Hawk-Bilt, a także przyczep zbierających firmy Hesston; obie te maszyny

były poddane próbom w N.I.A.E. Prasa zwijająca Round Baler firmy New Holland przeszła próby w sezonie 1974. Maszyna za pomocą zespołu łańcuchów zwija siano w duże bele o wyrównanej gęstości, wiązane sznurkiem. Działanie prasy Round Baler ilustruje rys. 9, dane charakterystyczne maszyny zestawiono w tabeli 5. W związku z cylindrycznym kształtem bel należy się liczyć z pewnymi trudnościami przy ich досуszaniu.

Tabela 5

Charakterystyka prasy zwijającej Round Baler firmy New Holland

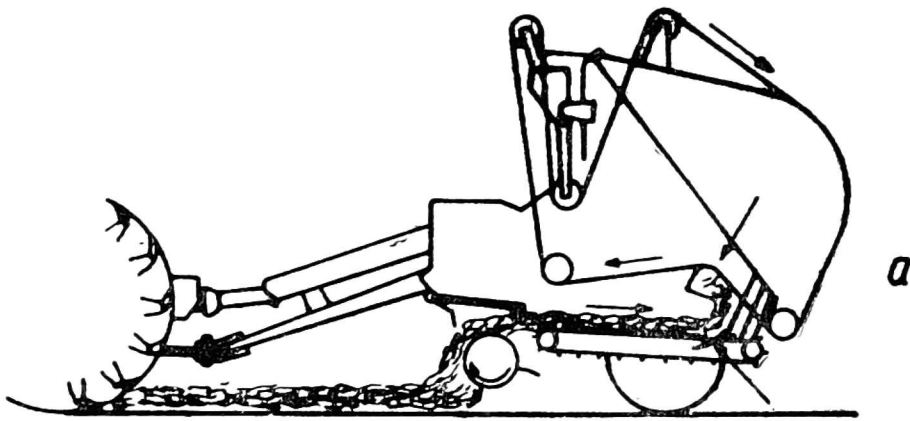
Wymiary maszyny: długość	3,88 m
szerokość	2,40 m
wysokość	2,57 m
Szerokość robocza podbieracza	1,83 m
Wymiary beli siana: średnica	1,67 m
szerokość	1,67 m
Masa beli siana	410—680 kg
Zapotrzebowanie mocy na wale	50 KM przy 540 obr/min
Zapotrzebowanie sznurka	30—60 m na 1 belę
Wydajność znamionowa	8—12 t/h

Suszenie zielonek gorącymi gazami

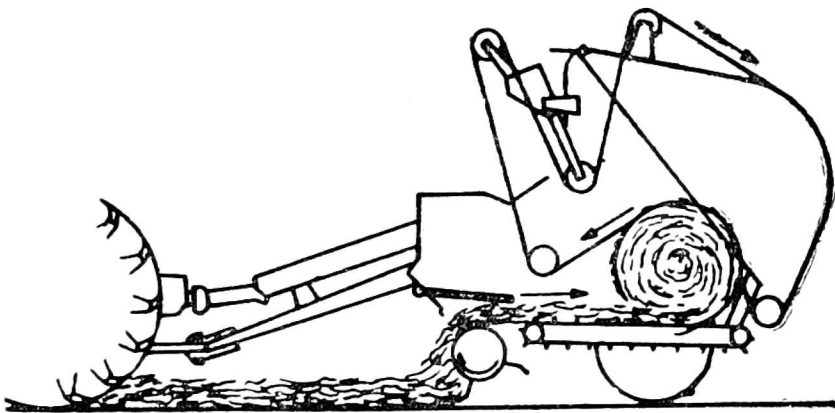
Po intensywnym rozwoju w latach powojennych w suszarnictwie zielonek w W. Brytanii nastąpił regres, utrzymujący się do połowy lat 1960. Poprzedni rozwój, rekompensujący okresowe niedobory pasz białkowych, opierał się na dużej liczbie niewielkich suszarń farmerskich: produkcja wynosząca w 1952 r. ponad 200 000 t pochodziła z około 1000 suszarń.

Ze względu na wysoką pracochłonność (brak automatyzacji) i koszty własne suszenia oraz zwiększanie importu niedrogich pasz białkowych, utrzymała się następnie niewielka liczba większych zakładów zrzeszonych w Brytyjskim Stowarzyszeniu Suszarń Zielonek (British Association of Green Crop Driers). Produkowany susz-mączkę traktowano głównie jako źródło witamin i barwników roślinnych dla drobiu i świń. W latach 1964—1965 roczna produkcja suszu wynosiła około 80 000 ton. Rozpoczęto w tym czasie stopniową modernizację urządzeń, zastępując przestarzałe suszarnie, najczęściej taśmowe, nowoczesnymi, zautomatyzowanymi suszarniami bębnowymi o dużych wydajnościach.

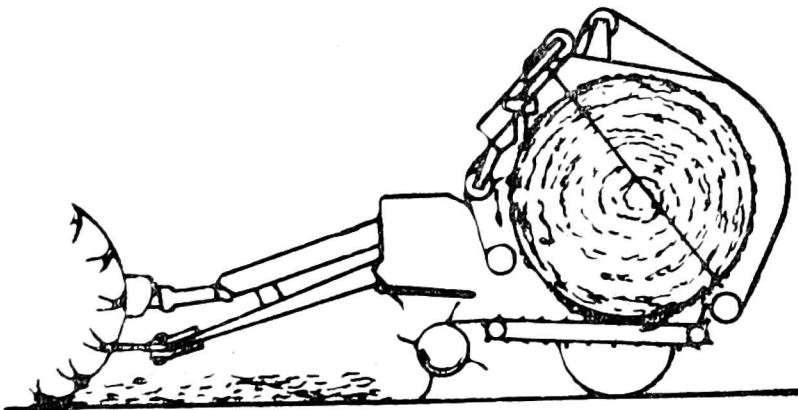
Pod koniec lat 1960 nastąpił ponowny wzrost zainteresowania produkcją suszu z zielonek, wynikający głównie z możliwości wykorzystania go jako paszy dla przeżuwaczy. W rezultacie licznych prac badawczych prowadzonych w tym okresie w USA, W. Brytanii i innych krajach stwier-



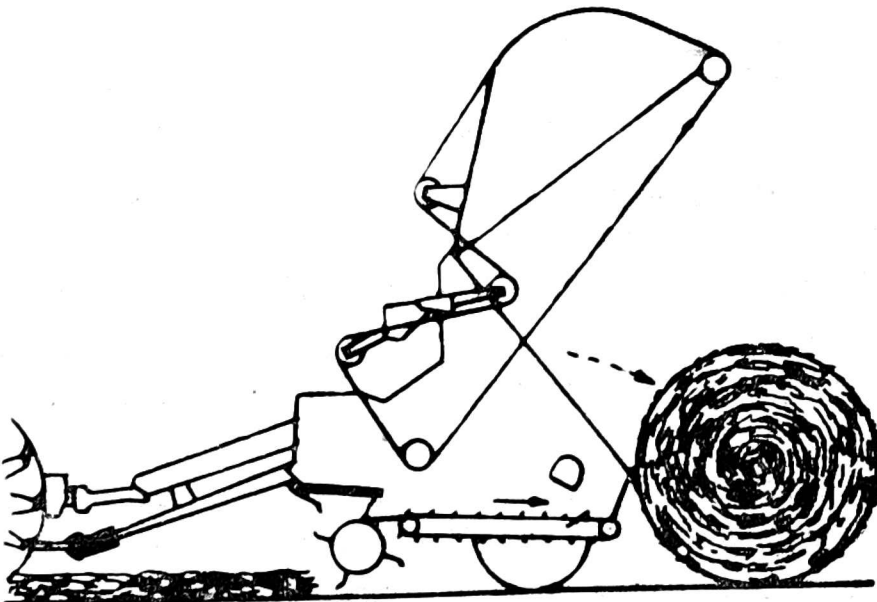
a



b



c



d

Rys. 9. Schemat działania prasy zwijającej Round Baler firmy New Holland: a — początek formowania beli, b — bela w trakcie zwijania, c — bela gotowa, d — wyrzucanie uformowanej beli.

dzono, że susz z zielonek w formie brykietów lub tzw. „kobsów”, może skutecznie konkurować z paszami treściwymi w dawkach dla cieląt, krów mlecznych, opasów i owiec. Znalazło to odbicie w określonych zmianach technologii i wzroście globalnej produkcji suszu. Prace badawcze prowadzone przez Instytut Użytków Zielonych (G.R.I.) w Hurley, Instytut Badawczy Mleczarstwa (N.I.R.D.) w Shinfield oraz uniwersytety w Newcastle i Nottingham, były finansowane przez koncerny naftowe (Esso, Shell), zainteresowane rozwojem suszarnictwa zielonek z uwagi na zbyt paliw płynnych. Wielkość produkcji suszu w W. Brytanii (wg danych B.A.G.C.D.) kształtowała się w ostatnich latach następująco:

1972	131 000 t
1973	150 000 t
1974	200 000 t (przewidywane).

Tylko dwie firmy brytyjskie — Alvan-Blanch i Allmet produkują obecnie suszarnie, dlatego też bazę techniczną rozwoju suszarnictwa zielonek stanowią suszarnie bębnowe firm kontynentalnych, jak Atlas, Swiss-Combi, Van den Broek i inne. W myśl współczesnych kryteriów światowych suszarnie o zdolności odparowania wody do 5 t/h są uważane za małe, od 5 do 10 t H₂O/h za średnie, za suszarnie duże zaś — powyżej 10 t H₂O/h. Tabela 6 pokazuje typoszeregi suszarń oferowanych na rynek brytyjski przez firmy Van den Broek i Swiss-Combi.

Tabela 6

*Typoszeregi suszarń bębnowych produkowanych przez firmy
Van den Broek i Swiss-Combi*

Van den Broek		Swiss-Combi	
typ suszarni	zdolność odparowania wody (kg/h)	typ suszarni	zdolność odparowania wody (kg/h)
AS-25	2500	II	2200
CS-40	4000	III	3000
ES-60	6000	V	5000
FS-100	10000	X	10000
IS-150	15000	XV	15000
LS-200	20000	XX	20000
NS-300	30000	XXX	30000

W W. Brytanii są dostępne także suszarnie bębnowe produkcji węgierskiej, typu MGF, znane tu pod symbolem GCD, o zdolności odparowania wody 1,5, 3,5, 4,5, 7, 9 i 10 t/h. Suszarnie GCD 7 i 9 posiadają po dwa jednakowe bębny suszące o potrójnym przepływie. Pełna automaty-

zacja zapewnia niskie zużycie paliwa i możliwość regulacji wilgotności suszu od 7 do 14⁰/₀. Suszarnie są wyposażane w młyny bijakowe oraz granulatory i chłodnice produkcji węgierskiej lub firmy Kahl. Zainstalowana w Woburn k/Bedford suszarnia GCD 4,5 posiada włoskie palniki na paliwo ciekłe oraz automatykę sterującą produkcją węgierskiej. Do odbioru zielonki ze środków transportu-wywrotek służy zasobnik przyjęciowy, skąd dozownik nagarnia sieczkę na przenośnik zasilający bęben. Dwa młyny bijakowe umieszczono w zagłębieniach. Dalsze wyposażenie stanowi granulator z silnikiem 100 kW oraz chłodnica i urządzenie do workowania.

Oprócz znacznych nakładów inwestycyjnych, dla prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa suszarniczego konieczne jest zsynchronizowanie czynników agrotechnicznych i organizacyjnych. Metoda badań symulacyjnych i tworzenie modeli matematycznych pozwalają przewidywać wpływ zmian poszczególnych parametrów na ekonomikę przedsiębiorstwa, począwszy od uprawy zielonek, aż do sprzedaży gotowego produktu. W wyniku studiów podjętych przez N.I.A.E. oraz G.R.I. określono ściśle wpływ kilku czynników, znany dotychczas głównie z praktycznego działania:

(a) ze wzrostem rozmiarów instalacji maleją jednostkowe koszty odparowania wody oraz nakłady robocizny na jednostkę produktu;

(b) koszty produkcji maleją ze wzrostem produkcji rocznej; harmonogram zbioru zielonek powinien zapewniać 2—3 tys. godzin pracy suszarni w sezonie;

(c) na koszty suszenia rzutuje zasadniczo wilgotność surowca; rozpatruje się różne sposoby wstępnego podsuszania zielonki, przy czym ewentualne ubytki karotenu, zwłaszcza w paszy dla przeżuwaczy, nie są czynnikiem decydującym;

(d) modele wskazują kierunek zmian w programie upraw zielonek, które powinny postępować wślad za zmianami cen na paszę.

Oczywiście model jest tylko środkiem ułatwiającym planowanie i podejmowanie optymalnych decyzji w warunkach określonego przedsiębiorstwa.

W 1969 roku powstało w W. Brytanii kilka dużych spółdzielczych zakładów suszenia zielonek, nowoczesnie wyposażonych, z pełną mechanizacją i automatyzacją prac. Jednym z nich jest przedsiębiorstwo Dengie w Essex, zrzeszające 12 udziałowców-farmerów kontraktujących lucernę. W pierwszym roku zbierano do suszenia lucernę z 300 ha, zakładając stopniowe zwiększenie powierzchni uprawy do 800 ha.

Sezon pracy suszarni trwa 120—140 dni, od maja do października. Przy 3—4 pokosach lucerny uzyskuje się roczne plony suchej masy około 12 t/ha, kładąc szczególny nacisk na stadium wegetacji, aby susz zawie-

rał nie mniej niż 16⁰/₀ białka. Do zbioru służą samojezdne sieczkarnie polowe o wydajności około 13 t/h, holujące 3-tonowe przyczepy-wywrotki; z przyczep zielonka jest przeładowywana do ciężarówek-wywrotek o ładowności około 6 ton, dowożących surowiec do suszarni. Odległość transportu dochodzi do 15—20 mil. Zakład jest wyposażony w dwie suszarnie bębnowe firmy Atlas GT5 i GT10, opalane olejem gazowym, o zdolności odparowania wody 5 i 10 t/h. Paleniska i bębny suszarń są usytuowane równolegle we wnętrzu jednej hali. Regulacja pracy suszarń jest automatyczna, wskazania przyrządów kontrolnych są rejestrowane na centralnej tablicy rozdzielczej. Surowiec, nagarniany spychaczem z przymy do przenośników zasilających, zostaje przed suszeniem spryskiwany melasą, doprowadzaną przewodami ze zbiornika umieszczonego na zewnątrz budynku.

W zakładzie nie ma młynów bijakowych; susz z cyklonów dostaje się ślimakami do zestawu trzech pras obrotowych firmy Kahl, wytłaczających „kobsy” o średnicy 24 mm. Po przejściu przez poziomą chłodnicę taśmową Bentalls, susz jest transportowany do magazynu lub bezpośrednio na środki transportu. Około 40⁰/₀ produkcji przeznaczona jest na sprzedaż, reszta zostaje zużyta na paszę dla bydła na fermach udziałowców.

Praca w zakładzie odbywa się na dwie zmiany po 10 godzin, przy obsłudze składającej się z 3 osób (2 aparatowych i 1 operator spychacza). Na jedną zmianę pracuje 3 kierowców ciężarówek i 4 pracowników przy zbiorze lucerny na polu (zabezpieczając zapas surowca dla zmiany nocnej) oraz dyżurujący personel techniczny (warsztat). Po 12-dniowym cyklu pracy następuje 2 dni przerwy.

Dane charakteryzujące produkcję w zakładzie Dengie ilustruje tab. 7, zaś osiąganą jakość produktu tab. 8.

Światowy kryzys energetyczny w końcu 1973 r. zaważył w istotny sposób na ekonomicznych podstawach suszarnictwa zielonek w W. Bry-

Tabela 7

Produkcja suszu w zakładzie suszarniczym Dengie

Rok	Produkcja suszu (t)	Zużycie paliwa (gal/t)	Średnia wilgotność zielonki (‰)	Liczba godzin pracy
1969	2900	71	80	2500
1970	2926	60	77	2500
1971	3764 *)	62	77,5	2800
1972	6057	63	77,5	2600
1973	6600	64	78	2650

*) w 1971 zainstalowano drugą suszarnię

Tabela 8

Jakość suszu produkowanego w Dengu (w zestawieniu z wymaganiami British Association of Green Crop Driers)

Klasy jakościowe suszu o wilgotności 10% (wg standardu BAGCD)			Udział w całości produkcji (%)
liczba gwiazdek	zawartość białka (%)	zawartość włókna (%)	
5	ponad 20	do 17	8
4		do 21	
3	18—20	do 25	12
2	16—18	do 30	60
1	14—16	do 35	10
0	poniżej	powyżej	10

tanii. Cena paliwa płynnego, wynosząca w początku 1973 5,4 pensa za galon, wzrosła do 14,5 pensa za galon w 1974 roku. Jak wynika z tabeli 9, udział paliwa w kosztach produkcji suszu podniósł się z 10% do około 25%, przy jednoczesnym wzroście tych kosztów o ponad 30%. W tej sytuacji istotne zmniejszenie jednostkowego zużycia paliwa stało się koniecznością, możliwą do urzeczywistnienia poprzez wstępne obniżanie

Tabela 9

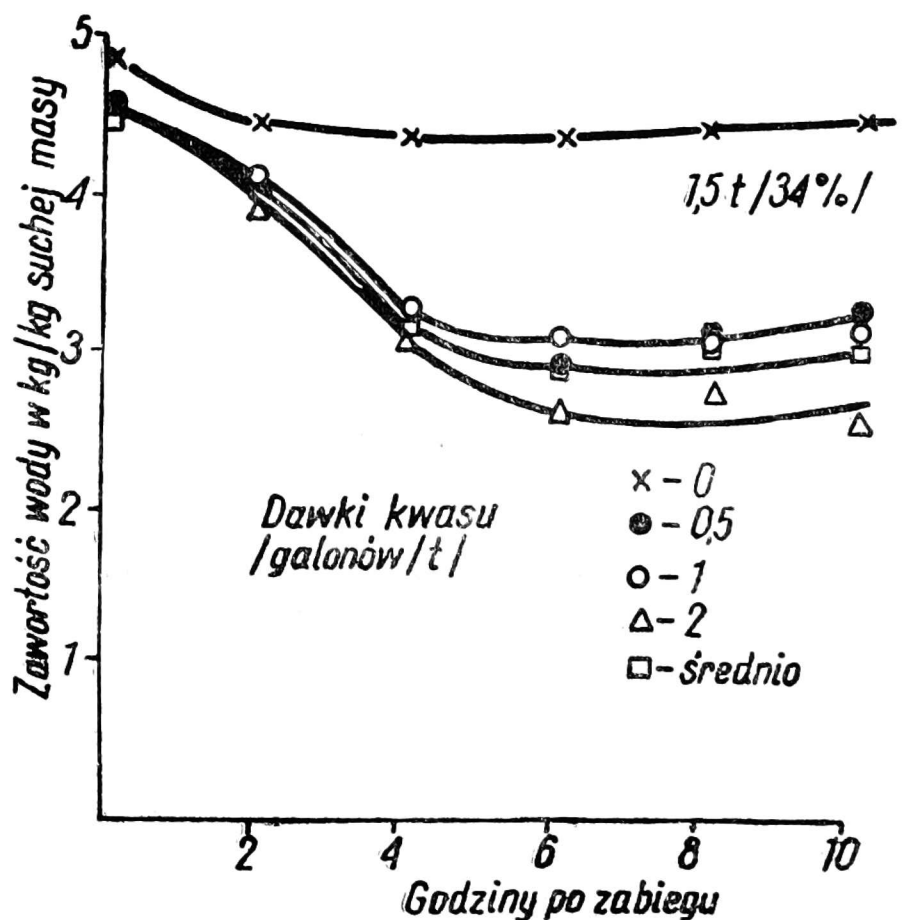
Struktura kosztów produkcji suszu z zielonek (przy rocznej produkcji 7000 t)

Elementy kosztów (funtów/tonę)	1973	1974 *)
Robocizna i kierownictwo	4,25	5,00
Paliwo — suszarnia	3,50	10,50
Paliwo — transport	—	1,00
Energia elektryczna	1,10	1,50
Naprawy i konserwacje	2,50	3,00
Administracja i ubezpieczenie	1,10	1,20
Amortyzacja	3,80	4,30
Odsetki bankowe	2,00	2,00
Opłaty dzierżawne	2,00	1,20
Transport najemny	1,10	1,50
razem	21,35	31,20
Koszt surowca (średnio)	14,00	15,00
Łącznie funtów/tonę suszu	35,35	46,20

*) Szacunkowo, z uwzględnieniem zaistniałych podwyżek cen.

wilgotności zielonki, a tym samym zwiększenie przepustowości urządzeń suszących. Zagadnienie to było przedmiotem prac prowadzonych od szeregu lat przez różne placówki badawcze i obejmujące różne kierunki:

- Wstępne podsuszanie zielonki na pokosach z zastosowaniem intensywnych zabiegów mechanicznych (zgniatania, przetrząsania, bijakowania itp.) po skoszeniu i suszenie materiału przewiedniętego; metodom tym poświęcono wiele uwagi w N.I.A.E.
- Próbowano usuwać wilgoć z roślin za pomocą zabiegu termicznego — oddziaływania na stojący porost parą wodną (około 300°C). Zabite w ten sposób rośliny tracą szybko wodę, po kilku godzinach osiągają wilgotność 60—65% i mogą być zbierane do suszarni. W Holandii skonstruowano do tego celu specjalne maszyny. Metoda ta opiera się jednak na spalaniu paliwa ciekłego (wytwarzanie pary), wobec czego nie wydaje się być rozwiązaniem poszukiwanym w obecnej sytuacji.
- W G.R.I. prowadzono w latach 1972—1973 doświadczenia ze wstępnym odwadnianiem przez opryskiwanie stojącego porostu kwasem mrówkowym. Po kilku godzinach uzyskiwano wyraźny efekt podsychania (rys. 10), zaś obniżona wilgotność roślin utrzymywała się przez



Rys. 10. Wpływ dawki kwasu mrówkowego na wilgotność trawy po zabiegu w 1973 r. (wg. G.R.I.)

około 10 dni po zabiegu. Stosowano różne dawki (0,5; 1,0 i 2,0 gal/t świeżej masy) i różne stężenia wodnego roztworu kwasu (12 : 1; 6 : 1 i 3 : 1), przy czym wszystkie kombinacje dały pozytywne rezultaty.

Trawy okazały się bardziej podatne na działanie desykacyjne kwasu niż lucerna; działanie to nie wywierało istotnego wpływu na wartość pokarmową zielonek. Próby przeprowadzone z suszeniem traw opryskiwanych kwasem mrówkowym (roztwór wodny 6 : 1 w dawce 0,5 galona/tonę) w suszarni bębnowej Swiss-Combi II o zdolności odparowania 2200 kg H₂O/h wykazały, że zużycie paliwa na tonę suszu obniżyło się o ponad 25%, zaś koszty stosowania preparatu wyniosły około 2 funtów ang. na tonę suszu. Do rozprowadzania kwasu mrówkowego mogą być użyte standardowe belki opryskujące, zwraca się jednak uwagę na możliwość korozji i rozpuszczanie tworzyw sztucznych.

d) Mechaniczne odwadnianie poprzez wyciskanie soku z zielonek przed suszeniem wydaje się być metodą perspektywną. Różne jej aspekty zostaną dalej omówione.

Pomimo wzrostu cen paliwa wprowadzane są także przez farmerów przewoźne suszarnie bębnowe z brykieciarką, m. in. Fahr, Taarup-Unidry czy Claas-Apollo. Agregatem Claas-Apollo, którego cena wraz z zestawem sprzętu pomocniczego wynosi 28 000 funtów ang., w ciągu 8 godzin wyprodukowano na jednej z ferm 6,25 t brykietów, zużywając 395 l paliwa (około 63 l/t). Ocenia się, że koszt produkcji brykietów przy obecnym układzie cen będzie wynosił około 40 funtów/t.

Granulowanie i brykietowanie suszu z zielonek

Około 80% suszu z zielonek produkowanego w W. Brytanii jest używane do wyrobu mieszanek pasz dla drobiu i świń; produkt zmielony i zgranulowany jest wówczas najbardziej odpowiedni. Pozostałe 20% produkcji suszu, przeznaczone na paszę dla przeżuwaczy, zostaje w formie siczki sprasowane w brykiety.

Do granulowania i brykietowania suszu służą głównie prasy obrotowe, działające na zasadzie wytłaczania. W większości tych maszyn pierścieniowa matryca obraca się w płaszczyźnie pionowej lub poziomej wokół nieruchomych rolek; spotyka się także rozwiązania ze stacjonarną matrycą i ruchomymi rolkami. Zużycie energii, zależnie od wydajności, wielkości prasowanych cząstek i wilgotności suszu, wynosi 40—50 KMh/t.

Do brykietowania suszu bywają stosowane także prasy tłokowe o ruchu posuwisto-zwrotnym. Dają one na ogół brykiety o większej średnicy i niższym ciężarze objętościowym, wynoszącym około 400 kg/m³, w porównaniu z brykietami (700 kg/m³) lub granulami (830 kg/m³) uzyskiwanymi z pras obrotowych.

Studia i doświadczenia z brykietowaniem suszu są prowadzone w N.I.A.E. od kilku lat. Badany jest przede wszystkim wpływ różnych

czynników na formowanie i cechy jakościowe brykietów i granul. Wy różnia się dwa zespoły czynników:

a) czynniki związane z maszyną i jej działaniem, do których zalicza się rodzaj mechanizmu zgniatającego, prędkość roboczą prasy, wielkość i czas działania ciśnienia oraz temperaturę matrycy;

b) czynniki związane z materiałem, jak zawartość i rozkład wilgoci, własności fizyczne i skład chemiczny suszu z uwzględnieniem ewentualnych dodatków wiążących.

W prasach tłokowych cząstki materiału roślinnego ulegają załamywaniu, miażdżeniu i ściskaniu w celu usunięcia powietrza. W prasach obrotowych 67—75% powierzchni roboczej matrycy stanowią otwory, skutkiem czego działanie dociskające rolek zwiększa stopień rozdrobnienia prasowanych cząstek suszu. Prasy tłokowe pracują z częstotliwością 3—7 skoków/sek. Obrotowe prasy granulujące działają przy 400 obr/min (szybkość obwodowa rolek około 10 m/sek), prasy brykietujące przy około 150 obr/min; wiąże się to z różnym stopniem rozdrobnienia materiału, który jest poddawany ciśnieniu w granicach 126—1015 kg/cm². Zarówno w prasach tłokowych, jak obrotowych działanie ciśnienia jest przerywane, w związku z czym możliwe jest zjawisko rozprężania się materiału. Aby uzyskać dostatecznie trwałe brykiety lub granule, materiał powinien podlegać ciśnieniu przez co najmniej 5 sekund; im niższe ciśnienie, tym dłużej powinno oddziaływać. Istotne znaczenie mają także rozdrobnienie suszu i niektóre właściwości samych roślin. Młody, dobrze ulistniony materiał roślinny, o niskiej zawartości włókna, ulega łatwo sprasowaniu w trwałe, gęste brykiety. Zdrewniałe, grube łodygi zachowując elastyczność utrudniają formowanie brykietów i powodują szybkie ich rozprężanie się po opuszczeniu matrycy. W wyniku tarcia w matrycy susz ulega zagrzaniu do temperatury bliskiej 100°C. Powstające ciepło uwalnia parę wodną z materiału, co poprawia jego właściwości wiążące, zwiększając trwałość i zagęszczenie brykietów.

Za optymalną wilgotność suszu poddawanego granulowaniu-brykietowaniu uważa się 16%. W procesie prasowania i schładzania następują dalsze ubytki wilgoci, dzięki czemu osiągnana jest wilgotność końcowa poniżej 12%, umożliwiającą bezpieczne przechowywanie.

Korzystny wpływ na spoistość brykietów oraz zużycie energii w procesie prasowania może mieć dodatek różnych substancji wiążących, mela-sy, lub tylko doprowadzenie pary wodnej, nawilżającej susz przed prasowaniem.

Do doświadczeń zaprojektowano i zbudowano w N.I.A.E. specjalną prasę obrotową, która umożliwi w kontrolowanych warunkach badanie wpływu poszczególnych czynników. Wykorzystano do tego celu elementy różnych maszyn będących w produkcji. Do napędu prasy o przewidywanej

wydajności 1,5 t/h zastosowano wysokoprężny silnik spalinowy o mocy początkowo 106, następnie 150 KM. Napęd przekazywany jest za pośrednictwem silnika hydrostatycznego albo na rolki, albo na wymienną matrycę prasy. Maszyna może pracować z jedną lub dwoma rolkami, przy kącie nachylenia matrycy regulowanym od pionu do poziomemu. Prędkość robocza jest regulowana w zakresie 0—400 obr/min, zaś moment maksymalny 13 558 Nm osiągany przy 30 obr/min. Zaistalowana aparatura umożliwia bezpośrednio pomiary przepustowości, poboru mocy, prędkości obrotowej matrycy i rolek oraz temperatury nagrzania matrycy.

Doświadczenia w 1973 r. prowadzono współpracując bezpośrednio z niewielką suszarnią zielonek. Stosując matrycę o otworach \varnothing 19 mm sprasowano około 80 ton suszu z przeznaczeniem do prób żywieniowych. Wstępne wyniki wykazały między innymi, że przy niższych prędkościach roboczych prasy (badany zakres 15—120 obr/min) uzyskiwano trwalszą strukturę brykietów i niższe jednostkowe zużycie energii.

Na ocenę poddawanego obróbce materiału składają się:

- a) analizy chemiczne, określające zawartość białka, cukrów i włókna, których wzajemne proporcje wpływają na spoistość brykietów;
- b) badania niektórych cech fizycznych, jak wielkość i jednolitość cząstek wyrażane jako moduły rozdrobnienia i jednolitości, wilgotność, ciężar objętościowy oraz trwałość brykietów i granul.

Badania i testy są przeprowadzane głównie w oparciu o amerykańskie standardy ASAE. W 1973 roku opracowany został w N.I.A.E. projekt brytyjskiej normy, obejmującej metody badania suszu z zielonek prasowanego w granule i brykiety. Na uwagę zasługuje oryginalna metoda frakcjonowania siewki według wielkości cząstek przy użyciu stołu wstrząsowego o wysokiej częstotliwości drgań. Cząstki siewki przesuwające się po rowkowanym, ukośnym blacie wpadają do kolejnych poprzecznych szczelin o zwiększającej się szerokości. Projekt normy zawiera następujące propozycje, dotyczące uporządkowania nazewnictwa stosownie do technologii prasowania suszu:

- | | |
|-----------------------|---|
| — wafel (wafer) | — bryłka uformowana z siewki przez wytłaczanie z matrycy prasy tłokowej, zazwyczaj o długości równej około 0,5 średnicy |
| — kobs (cob) | — bryłka z siewki wyciśnięta z matrycy prasy obrotowej; |
| — granula (pellet) | — bryłka z mączki wyciśnięta z matrycy prasy obrotowej; |
| — brykiet (briquette) | — bryłka z mączki lub siewki uformowana w procesie innym niż wyciskanie (wytłaczanie); |

- kostka (cube) — termin stosowany przy prasowaniu na polu siana z lucerny w bryłki o stosunkowo małej gęstości;
- mączka (meal) — susz zmielony, ześrutowany lub rozdrobniony w jakikolwiek inny sposób;
- kruszywo (crumbles) — materiał uzyskany po rozdrobnieniu granul (pellets) przez zgniatanie lub walcowanie.

Przeprowadzone były także obserwacje dotyczące przechowywania brykietów z suszu lucerny i traw, uzyskanych z różnych maszyn (Glomera, Sizer, Combi, Lundel oraz Simon-Barron). Wilgotność brykietów o ciężarze objętościowym 544—833 kg/m³ wzrastała z czasem przechowywania; przy wilgotności powyżej 15⁰/₀ na powierzchni brykietów rozwijała się pleśń. Zastosowanie worków i przykryć z folii polietylenowej zabezpieczało przed nawilgacaniem się od powietrza atmosferycznego, a tym samym przed pleśnieniem.

Ze studiów dotyczących opłacalności brykietowania wynika, że technologia ta jest uzasadniona w przypadku produkcji paszy dla bydła, zachowującej włóknistą strukturę. Nakłady ponoszone na prasowanie zostają zrównoważone oszczędnościami na opakowaniach i wyeliminowaniem rozdrabniania (mielenia) suszu.

Mechaniczne odwadnianie zielonek przed suszeniem

Metoda ta, nazywana także frakcjonowaniem na mokro (wet fractionation), wzięła swój początek z prac angielskich badaczy Pirie i Davysa w początkach lat 1950-ych. Drogą mechanicznego niszczenia włóknistej struktury roślinnej masy i wyciskania z niej soku, udostępniano zawarte w roślinach białko zwierzętom o żołądku jednokomorowym, nie trawiącym włókna. Stwarzało to znacznie szersze możliwości wykorzystania białka roślinnego o korzystnym składzie aminokwasowym i stosunkowo wysokiej wartości biologicznej (tabela 10) dla celów paszowych, a w perspektywie także dla celów konsumpcyjnych. Pozostająca część frakcji włóknistej mogła stanowić jeszcze wartościową paszę dla przeżuwaczy.

Idea ta została zrealizowana w skali technicznej na Węgrzech i w USA, głównie dla lucerny. Szczegóły dotyczące technologii węgierskiej, znanej pod nazwą Vepex, opracowanej wspólnie ze szwedzką firmą Alfa-Laval, podlegają ochronie patentowej i nie są udostępniane. Wiadomo, że w warunkach produkcyjnych dąży się do maksymalnej ekstrakcji białka w soku roślinnym. Zielona masa zostaje w tym celu rozdrabniana na pulpę, następnie sok jest wyciskany w prasie ślimakowej.

W USA do wyciskania soku z lucerny wykorzystuje się prasy walcowe

Tabela 10

Skład aminokwasowy i wartość biologiczna koncentratu białkowego uzyskanego z soku lucerny (w zestawieniu z białkiem zwierzęcym i innymi paszami)

	Zawartość aminokwasów w g/100 g białka							
	lizyna	fenylo- alanina	metio- nina	tyro- zyna	izoleu- cyna	leucyna	walina	trypto- fan
Koncentrat białka z lucerny	6,3	6,0	2,1	5,2	9,8	5,3	6,3	1,6
Mięso, ryby	8,1	4,9	3,3	4,6	7,7	6,3	5,8	1,3

Wartość biologiczna białka (oznaczana na szczurach):

jajo kurze	96—97
mleko pełne	84—85
koncentrat białkowy lucerny	81—86
śruta sojowa	57—59

do trzciny cukrowej o wydajności 40—50 t/h. Zależnie od wilgotności zielonki stopień ekstrakcji soku ($\frac{\text{masa soku}}{\text{masa wilg. zielonki}}$) wynosi 0,35—0,50, tak ażeby we frakcji włóknistej, suszonej i brykietowanej na paszę dla przeżuwaczy, pozostawało 14—15% białka.

Do soku zawierającego 7—10% suchej masy dodaje się amoniak podnosząc pH do około 8, co sprzyja stabilizacji ksantofilu (tabela 11). Następnie białko w soku zostaje poddane koagulacji przez podgrzanie parą wodną do około 80°C. Koagulat po odwirowaniu (lub odsączeniu) jest suszony w suszarce bębnowej w temperaturze 60—80°C. Uzyskiwany w wy-

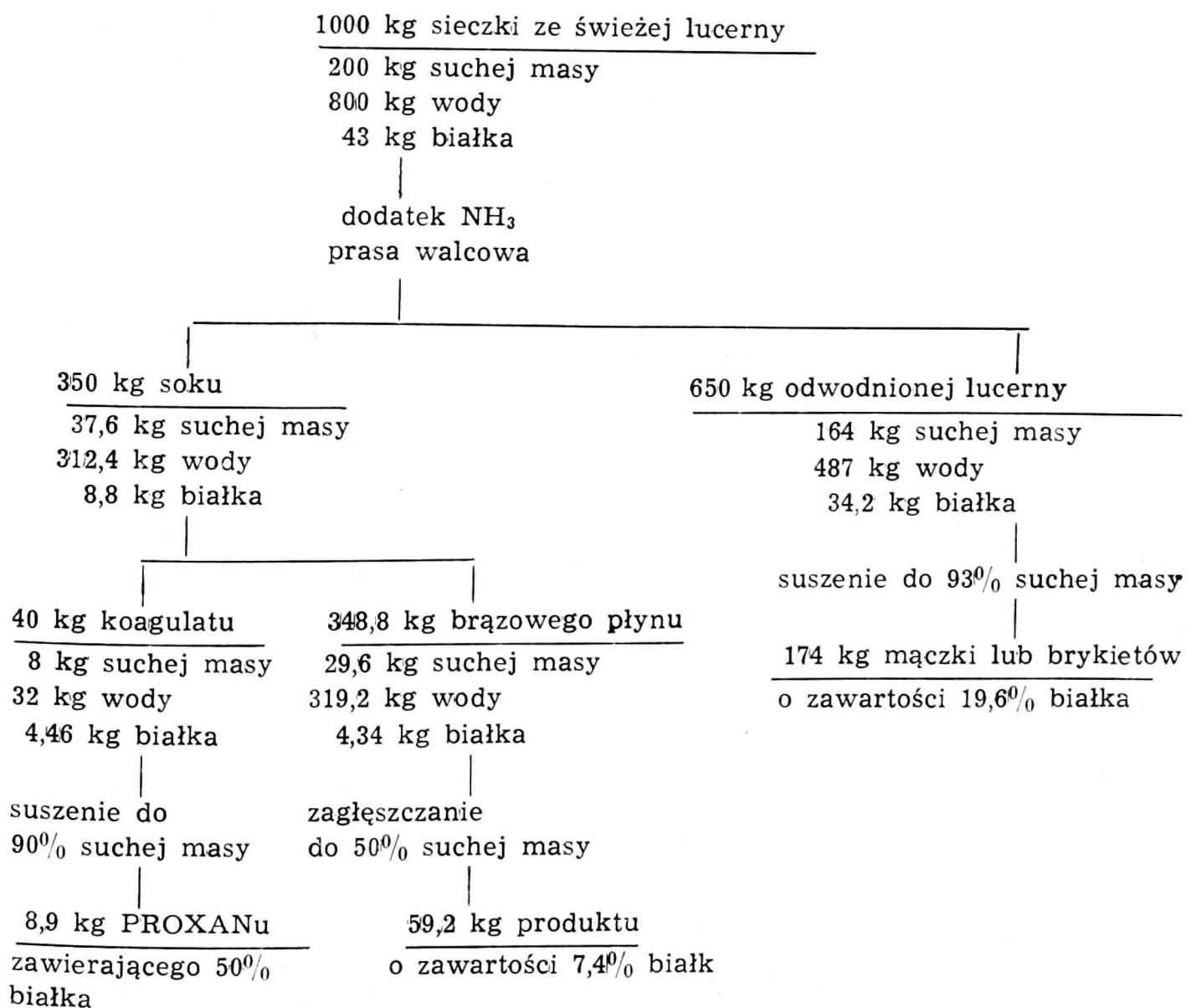
Tabela 11

Zawartość wybranych składników w lucernie świeżej, wysuszonym soku i frakcji włóknistej (wg Stahmanna)

	Zawartość w suchej masie			
	białko ogólne (%)	włókno (%)	beta-karo- ten (mg/kg)	ksantofil (mg/kg)
Lucerna świeżo skoszona	21	23	brak danych	
Sok wysuszony rozpyłowo	35	0,7	530	920
Wysuszona frakcja włóknista	18	34	160	260

niku obróbki soku koncentrat, zawierający 35—40% białka, jest dostępny pod nazwą rynkową Proxan w cenie około 250 dolarów za tonę. Schemat technologii Proxanu przy stopniu ekstrakcji soku 0,35 pokazano na rys. 11. Pewne trudności nastęrcza zagospodarowanie tzw. brązowego płynu, pozostałego po odsączeniu koagulatu białkowego. Płyn ten zawiera 4—5% suchej masy przy pH 5,5—6,0 a jego biologiczne zapotrzebowanie tlenu wynosi 17 000—30 000.

Bilans masy w technologii PROXAN
przy stopniu ekstrakcji soku 0,35 z lucerny o wilgotności 80%



W W. Brytanii doświadczenia w skali półtechnicznej prowadzone są w ostatnich latach w Stacji Doświadczalnej Rothamsted, z naciskiem na aspekt mechanicznego odwadniania zielonki przed suszeniem. Świeżo skoszona, pocięta na siczkę lucernę rozdrabniano na pulpę w rozdrabniaczu z napędem 37 kW o sztywnych bijakach, uzyskując przy prędkości obrotowej wirnika 1080 obr/min, wydajność 2,5—3,5 t/h. Pulpę poddawano działaniu ciśnienia około 2 kg/cm² w prasie taśmowej o napędzie 1,5 kW, pomiędzy napiętą taśmą z tworzywa sztucznego a perforowanym bębniem;

regulowana prędkość taśmy wynosiła około 5 m/min. Wyciśnięty sok z wnętrza bębna przepompowywano do zbiorników, przeznaczając na paszę dla świń. Sok konserwowano 1% dodatkiem kwasu propionowego, obniżając pH do około 4,6; zawartość białka ogólnego w soku (5,2—6,3% w s.m.) nie ulegała zmianie przez okres 1—2 miesięcy. W 1972 r. przy wilgotności lucerny dochodzącej do 83,5% stopień ekstrakcji wynosił przeciętnie 0,32, przy zawartości suchej masy w soku 11,3%.

Frację włóknistą, której wilgotność została obniżona o 5—7%, suszono w przewoźnej suszarni bębnowej Taarup-Unidry i brykietowano. W porównaniu ze świeżą lucerną przepustowość suszarni wzrastała przeciętnie o 22,4%, zaś zużycie paliwa na tonę brykietów ulegało obniżeniu o 29,3—42,5%. Skład chemiczny świeżej lucerny oraz frakcji suszonej po odsączeniu soku przedstawia tabela 12. Podobne prace są prowadzone w Rowett Research Institute w Szkocji oraz na Uniwersytecie Nottingham, gdzie uzyskiwano przepustowość świeżej zielonki 1—2 t/h.

Tabela 12

*Skład chemiczny lucerny świeżej oraz frakcji włóknistej po odsączeniu soku
(Connel i Davys 1973)*

Zawartość w suchej masie w procentach	Lucerna świeża	Odsączona frakcja włóknista	Różnica
Białko ogólne	19,1	15,2	—3,9
Strawna substancja organiczna	58,0	56,5	—1,5
Włókno	30,6	38,4	+7,8
Popiół	10,4	9,0	—1,4
Krzemionka	1,4	1,6	+0,2
Wapń	1,8	1,5	—0,3
Fosfor	0,28	0,24	—0,04
Magnez	0,21	0,18	—0,03
Sód	0,19	0,22	+0,03

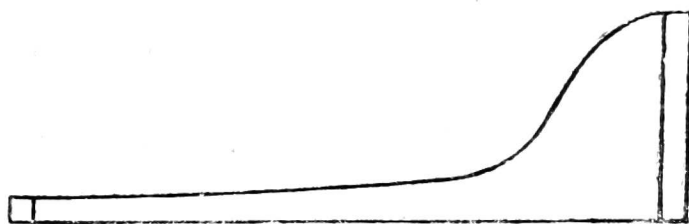
Studia oraz badania w skali technicznej zostały podjęte przez N.I.A.E., przy czym i tu technologia ta jest rozpatrywana przede wszystkim jako ekonomiczny sposób usuwania części wilgoci z zielonki przeznaczonej do suszenia gorącymi gazami. Zważywszy, że susz produkowany w W. Brytanii jest w dużej części przeznaczony na paszę dla bydła, niewielkie obniżenie zawartości białka spowodowane wyciskaniem soku nie powinno ujemnie wpłynąć na kształtowanie się popytu na tę paszę. Tym bardziej, o ile średni standard jakościowy suszu zostanie zachowany. Rozważa zresztą się możliwość uzupełniania białka ogólnego dodatkiem mocznika.

Nawet w najlepszych warunkach przy jednorazowym przejściu przez

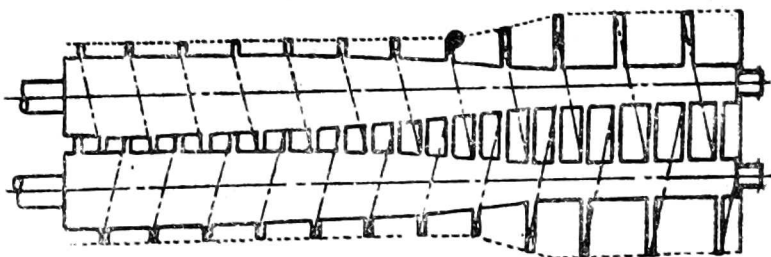
prasę udaje się wyekstrahować tylko 40—50% białka surowego, reszta zostaje zatrzymana przez włóknistą strukturę masy roślinnej. Wyciskanie soku jest najłatwiejsze z młodego porostu o wilgotności roślin nie mniejszej niż 78%. Również ze względu na ekonomikę suszenia wstępne mechaniczne odwadnianie jest uzasadnione, szczególnie przy wysokiej wilgotności zielonki. Stwierdzenia te mają istotne znaczenie praktyczne dla organizacji procesu.

Przedsięwzięcie zainicjowane i realizowane pod nadzorem N.I.A.E przewidywało w 1974 r. wprowadzenie zabiegu mechanicznego odwadniania zielonki do technologii stosowanej w zakładzie suszarniczym Dengie. Zainstalowano w tym celu dwu-ślimakową prasę norweskiej firmy Stord-Bartz o następującej charakterystyce technicznej:

- modele BS-41M o dwu równoległych ślimakach,
- wymiary gabarytowe: długość 4775 mm
szerokość 1170 mm
wysokość 1850 mm,
- masa około 10 t,
- napęd od silnika elektrycznego 49 kW za pośrednictwem transmisji hydrostatycznej,
- zakres obrotów ślimaków 4—10 obr/min,
- wydajność 8—10 t/h wilgotnej zielonki.



Rys. 12. Schemat prasy dwu-ślimakowej Stord-Bartz BS-41 M. Wykres ilustruje zmianę objętości prasowanego materiału



Lucerna pocięta na krótką sieczkę podawana do wlotu prasy zostaje miażdżona i wygniatana przez obracające się ślimaki (rys. 12). Wyciskany sok wypływa przez perforowaną osłonę ślimaków, odwodnione włókniste pozostałości są podawane przenośnikami do suszarni. W czasie prób działania prasy obniżano wilgotność lucerny od 75—80% do 62—66%, uzyskując sok o zawartości 8—12% suchej masy. Wyniki uzyskane w jednej z prób przedstawia tabela 13.

Tabela 13

Wyniki analiz lucerny poddawanej wstępnemu odwadnianiu przed suszeniem
(badania N.I.A.E.)

	Wilgot- ność (%)	Zawartość w suchej masie			Bilans w %/0	
		białko ogólne (%)	włókno (%)	popiół (%)	suczej masy	białka ogól- nego
Lucerna świeża	76,1	18,2	31,5	8,3	100	100
Lucerna odwodniona mechanicznie	65,7	15,6	38,1	6,3	86	78
Sok wyciśnięty	91,6	31,9	0,2	—	14	22

Dla pełnego wykorzystania zdolności produkcyjnej zakładu suszarniczego wynoszącej około 45 t/h zielonej masy o wilgotności 65—70⁰/₀, mają być docelowo zainstalowane trzy prasy o odpowiedniej przepustowości. Wiąże się z tym również większe od dotychczasowego zapotrzebowanie na maszyny do zbioru i środki transportu zielonki. W tabeli 14 przedstawiono porównanie wskaźników technologii projektowanej przez N.I.A.E., ze wskaźnikami innych znanych metod.

Istotny problem do rozwiązania stanowi odzyskiwanie suchej masy i białka z wyciskanego soku oraz dalsza jego obróbka. Wchodzą w rachubę następujące zabiegi:

- dodawanie NH₃ i koagulacja osadu białkowego parą wodną,
- oddzielanie koagulatu od tzw. brązowego płynu przez odwirowanie, odsączanie lub zastosowanie prasy mechanicznej,
- suszenie koagulatu do wilgotności 10—12⁰/₀ w temperaturze nie przekraczającej 80—90°C,
- utylizacja brązowego płynu (np. przez rozdeszczowanie jako nawozu).

Rozważane są również możliwości skarmiania części soku bez suszenia z uwagi na znaczne koszty zabiegu suszenia rozpyłowego.

Kalkulację ekonomiczną projektowanej technologii oparto na następujących założeniach. Nakłady inwestycyjne, obejmujące adaptację i rozbudowę pomieszczeń, zakup i zainstalowanie pras, urządzeń do wytwarzania pary, sit, wirówki itp., wraz z amortyzacją i oprocentowaniem są szacowane na kwotę 100 000 funtów ang. Roczna produkcja wyniesie 4 000 t suszu z lucerny, zbieranej przy wilgotności około 82⁰/₀ a następnie odwadnianej mechanicznie.

Dzięki mechanicznemu odwadnianiu oszczędność na paliwie wyniesie około 35 galonów, czyli około 5 funtów/t suszu, co w skali rocznej stanowi

Tabela 14

Porównanie różnych metod odwadniania lucerny o wilgotności 80%

Metoda	Vepex	Proxan	N.I.R.D.	N.I.A.E *
Etapy ekstrakcji soku	1. rozdrabnianie na pulpę 2. wyciskanie w prasie ślimakowej	1. wyciskanie w prasie walcowej do trzciny cukrowej	1. rozdrabnianie na pulpę 2. wyciskanie w prasie taśmowej	1. wyciskanie w prasie ślimakowej
Stopień ekstrakcji (masa soku / masa wilg. lucerny)	0,66	0,35	0,45	0,50
Wilgotność lucerny odwodnionej (‰)	65	75	75	70
Obniżenie zawartości białka, wagowo w ‰	55	20	30	25
Obniżenie zawartości suchej masy, wagowo w ‰	30	20	17	20
Przybliżona wydajność (t/h)	10—12	40—50	4—5	10—15
Jednostkowe **) zapotrzebowanie mocy (KM/th):				
— rozdrabnianie	10—15	—	10—12	—
— wyciskanie	5—6	1	1	6
— łącznie	15—18	1	11—13	6

*) wielkości przewidywane;

**) w przeliczeniu na 1 t wilgotnej lucerny

4 000 × 5 = 20 000 funtów. Tym samym zwracają się koszty związane z odwadnianiem (amortyzacja urządzeń, wytwarzanie pary itp.), wynoszące około 5 funtów/t suszu, czyli 20 000 funtów rocznie. Dodatkowe koszty suszenia (od 70 do 10% wilgotności) a następnie pakowania koncentratu białkowego wyniosą około 10 funtów/tonę, natomiast ceny sprzedaży tej paszy kształtują się w granicach 115—140 funtów za tonę.

Z tej uproszczonej kalkulacji wynika, że przy rocznej produkcji koncentratu białkowego 160—400 t, zależnie od stopnia ekstrakcji soku, nakłady inwestycyjne w kwocie 100 000 funtów ang. powinny zwrócić się w ciągu 2—4 lat.

* * *

Omówiona problematyka zbioru i konserwacji pasz zielonych, cha-

rakterystyczna dla warunków rolnictwa brytyjskiego, stanowi odbicie ogólnych tendencji światowych. Wobec konieczności zwiększania produkcji białka paszowego, niektóre kierunki działania mogą okazać się interesujące również dla naszej praktyki i doświadczalnictwa rolniczego.

LITERATURA

1. Alderman G.: The case for conditioning. Proceedings of the Subject Day on Combined Mowing and Conditioning of Grass. NIAE, Silsoe, September 1972.
2. Arcoll D.B., Davys M.N.G.: Mechanical fractionation as an aid to crop drying. Proceedings of the 1-st Intern. Green Crop Drying Congress. Oxford, (354—361), 1973.
3. Boyce D.S.: The formulation of a simulation model of a high-temperature grass drying system. Proceedings of the Symposium on System Application in Agricultural Engineering. NIAE (125—140), June 1973.
4. Boyce D.S.: The use of mathematical models in operational studies of grass drying systems. Proceedings of the 1-st Intern. Green Crop Drying Congress. Oxford, (394—408), 1973.
5. Boyce D.S.: Research and development requirements of protein production from forage crops. NIAE Paper, November 1973 (maszynopis).
6. Bray W.J.: Leaf-protein recovery. Chemical Engineering, Jan 22, 1973 (76—77).
7. Brown F.R., Charlick R.H.: An interpretation of the effect of conditioning in relation to meteorological data for two regions. Proceedings of the Subject Day on Combined Mowing and Conditioning of Grass. NIAE, Silsoe, September 1972.
8. Butterworth B.: The bigbaler in action. Big Farm Management June, 1973.
9. Charlick R.H.: A study of the application of propionic acid in the conservation of hay. NIAE, Departmental Note, March, 1972 (maszynopis).
10. Charlick R.H.: The application of propionic acid in the conservation of hay. NIAE, Departmental Note, 1974 (maszynopis).
11. Connel J.: Mechanical dewatering of forages prior to high-temperature artificial drying. NIRD, Report for 1972, Shinfield, Reading (maszynopis).
12. Connel J., Davys M.N.G.: Mechanical dewatering of forages prior to high-temperature artificial drying. Paper presented at the British Society of Animal Production, Winter Meeting. March 1973 (maszynopis).
13. Davys M.N.G.: An introduction to dewatering. Grass. No. 7, Winter 1973 (62—81).
14. Drying large hay bales. NIAE, Project Paper. March 1973 (maszynopis).
15. Drying large hay bales. NIAE, Project Review. Febr. 1974 (maszynopis).
16. Forage dewatering and protein extraction. NIAE, Project Paper, 1974 (maszynopis).
17. Goodman N.: Making hay in the wet. Power Farming. March 1975 (60—61).

18. Howe S D.: Protein alternatives: putting the squeeze on grass. *Power Farming*, June 1974 (18—19).
19. The high density packaging of dehydrated forages. NIAE Open Days, Site No. 24, May 1974.
20. Interim report on storage of long staple dried fodder wafers. NIAE, 1968 (maszynopsis).
21. Jones E.: Future of dried grass in British farming. *Grass*, No. 7, Winter 1973 (3—16).
22. Klinner W.E.: Design and performance characteristics of an experimental crop conditioning system for difficult climates. NIAE Paper, 1974 (maszynopsis).
23. Klinner W.E., Harris A.W.: The development and performance of NIAE experimental machines for simultaneous mowing and conditioning. Proceedings of the Subject Day on Combined Mowing and Conditioning of Grass. NIAE, Silsoe, September 1972.
24. Kohler G.O., Bickoff E.M., DeFremery D.: Mechanical dewatering of forage and protein byproduct recovery. Proceedings of the 1-st Intern. Green Crop Drying Congress. Oxford 1973 (326—340).
25. Lucas N.G.: Crop Drying Congress. A potential and a challenge. *Power Farming*, May 1973 (40—41).
26. Manus D.E.: Mechanization — from field to drier. *Grass*, No. 7, Winter 1973, (17—22).
27. Marchant W.T.B.: The design of an experimental rotary extrusion press for packaging dried forages. NIAE, Departmental Note. November 1970 (maszynopsis).
28. Nellist M.E.: The Teagle minimum blow hay drying system. NIAE Paper, 1973, (maszynopsis).
29. Payne J.I.: Cube benders. NLM Spec., Reading. January 1970 (maszynopsis).
30. Protein production from forage crops. NIAE, Project Paper, 1974 (maszynopsis).
31. Raymond W.F.: Green crop dehydration in U.K. GRI Paper, Hurley, October 1970 (maszynopsis).
32. Report on feasibility study into use of wet crop fractionation to improve the efficiency of green crop drying at Dengie Crop Driers Ltd. Central Council for Agric. and Hortic. Cooperation. March 1974 (maszynopsis).
33. Shepperson G.: Future developments in the production and handling of hay. Annual Conference of the Institution of Agricultural Engineers. London, May 1971 (maszynopsis).
34. Shepperson G.: Economic aspects of the production and high density packaging of dried grass. NIAE, Departmental Note. January 1971 (maszynopsis).
35. Shepperson G.: Dry conservation of grass. *The Agricultural Engineer*, vol. 38, No. 2, Summer 1974 (40—44).
36. Shepperson G., Marchant W.T.B., Wilkins R.J., Raymond W.F.: Techniques and technical problems associated with processing of naturally and

- artificially dried forages. Proceedings of the British Society of Animal Production, (41—51), 1972.
37. Stahmann M.A.: The potential for alfalfa protein concentrates for animal and human consumption. ASAE Paper 69—178, 1969.
 38. Tetlow R.M.: Reducing drying load increases profit. Grass, No 7, Winter 1973 (82).
 39. UK tests for big round baler. Power Farming, March 1975, str. 58—59.
 40. Wood G.M., Biggar G.W., Klinner W.E.: Performance of commercial mowing and conditioning machines. Proceedings of the Subject Day on Combined Mowing and Conditioning of Grass. NIAE, Silsoe, September 1972.
 41. £ 28000 mobile drier plant. Power Farming, June 1974 (49).