

Straty zielonki w technologii zbioru na kisonkę

Stanisław Gach

*Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa*

Słowa kluczowe: zbiór zielonek na kisonkę, maszyna, straty ilościowe

Wstęp

Zielonki (trawy łąkowe i rośliny motylkowate) są konserwowane w postaci siana, kisonki i suszu. Udział roślin suszonych termicznie jest niewielki i będzie malał do niezbędnego minimum ze względu na rosnące ceny nośników energii. Dlatego też w zdecydowanej większości zielonki zbierane są z przeznaczeniem na kisonkę lub siano. W naszym kraju dominującą formą konserwacji zielonek jest suszenie na siano – około 65% pasz zbieranych z trwałych użytków zielonych [24]. Wysuszenie roślin, do wymaganej wilgotności siana, w warunkach polowych jest połączone z dużym ryzykiem strat materiału roślinnego. Zmniejszenie tych strat jest możliwe przez zbiór siana wilgotnego (poniżej 40% wilgotności względnej) z dosuszaniem aktywną wentylacją. Mimo niewątpliwych zalet, szacuje się, że zbiera się wg tej technologii ok. 5% siana [22].

Poprawę efektywności zagospodarowania plonu z użytków zielonych w naszym kraju można będzie uzyskać przez zwiększenie udziału kisonek w wytwarzanych paszach, z jednoczesnym zmniejszeniem udziału siana [24]. Kisonki bowiem są pewniejszą i tańszą formą konserwacji traw niż siano, a podczas ich sporządzania występują mniejsze straty [37]. Wyniki licznych badań krajowych i zagranicznych dowodzą również, że żywienie zwierząt kisonkami przynosi lepsze efekty produkcyjne niż żywienie sianem. W przodujących gospodarczo krajach Europy kisonka od wielu lat stanowi dominującą formę konserwacji pasz zielonych, a oprócz tradycyjnych metod wprowadzono nowe z zastosowaniem pras formujących duże bele cylindryczne lub prostopadłościenne [8, 12, 27, 28]. Rozwojowi nowych technologii zbioru traw łąkowych towarzyszy postęp w konstrukcji maszyn stosowanych również w tradycyjnych technologiach [4, 8].

Zarówno wyniki dotychczasowych badań, jak i doświadczenia z praktyki wskazują, że do uzyskania wysokiej jakości kiszonki uzasadnione jest zakiszanie roślin podsuszonych w warunkach polowych. O jakości paszy decyduje również wybór właściwego terminu koszenia. Powinien on uwzględniać, obok przewidywanych warunków atmosferycznych, fazę rozwoju roślin. Optymalny termin zbioru roślin z przeznaczeniem ich na kiszonkę to początkowe stadium kłoszenia się traw oraz pączkowanie motylkowatych.

Straty zielonek postają na poszczególnych etapach zbioru:

- podczas koszenia, obróbki pokosów, przetrząsania i zgrabiania w wały,
- oddychania skoszonych roślin,
- powodowane przez maszyny zbierające,
- powstające podczas załadunku, transportu i rozładunku materiału roślinnego.

Straty powstające podczas koszenia, obróbki pokosów, przetrząsania i zgrabiania w wały

Wyniki badań wskazują, że wysokość pozostawionego ścierniska po skoszeniu powinna wynosić 5–6 cm. Wyższe koszenie (6–8 cm) jest zalecane głównie w przypadku traw wysokich oraz lucerny [21]. Straty koszenia (tzw. ścierniskowe) wynikające ze zróżnicowanej długości ścierniska ponad wymaganą wysokość powstają wskutek odchylenia źdźbeł w zależności od typu zespołu tnącego oraz jego zasilania ścinanymi roślinami.

Obecnie stosowane kosiarki rotacyjne zarówno z górnym napędem (bębnowe), jak i dolnym (tarczowe), są wyposażane dodatkowo w urządzenia kondycjonujące rośliny w trakcie koszenia (spulchniacze lub zgniatacze pokosów), które przyspieszają suszenie roślin w warunkach polowych [6, 10, 17, 26]. Straty powstające podczas koszenia powodowane przez kosiarki wyposażone w spulchniacze pokosów zawierają się w zakresie 1–5% plonu [30, 33]. Badania prowadzone w Anglii i Szwajcarii wykazały, że straty spowodowane przez poszczególne typy kosiarek z urządzeniami spulchniającymi wynosiły 1,3–1,5% [22].

Nowoczesne konstrukcje spulchniaczy wyposażone w palce z tworzyw sztucznych mniej intensywnie niż stalowe działają na skoszone rośliny. Ponadto palce te charakteryzuje większa trwałość niż palców wykonanych z płaskowników stalowych z wkładkami gumowymi spełniającymi funkcję amortyzatorów [9]. Spulchniacze pokosów z wahliwymi palcami stalowymi dostosowane do intensywnego kondycjonowania mogą powodować ponad dwukrotnie większe straty zielonki [15]. W badaniach krajowych kosiarek ze spulchniaczami pokosów wyposażonych w palce stalowe straty nie przekroczyły 3% [6, 20].

W technologii z zastosowaniem zgniataczy pokosów straty zielonki zależą od konstrukcji walców, konfiguracji powierzchni i zastosowanego materiału (stalowe, gumowe lub mieszane) oraz sposobu napędu (na jeden lub obydwa walce). W literaturze przedmiotu prezentowany jest również pogląd, że na wielkość strat zielonki w większym stopniu wpływa odległość między walcami i zastosowana siła docisku niż rozwiązania konstrukcyjne urządzenia [29]. Przy intensywnym zgniataniu straty mogą wzrosnąć o 1–2% [33].

Należy zaznaczyć, że w fazie prac konstrukcyjno badawczych znajdują się intensywne zgniatacze tzw. maceratory, jednakże jak dotychczas nie znalazły one znaczącego zastosowania w praktyce. W związku z tym kondycjonowanie roślin obecnie odbywa się przy zastosowaniu spulchniaczy lub zgniataczy zielonek. Na przykład, w Niemczech w spulchniacze pokosów wyposażonych jest 20% sprzedawanych kosiarek [25], a w Holandii nawet 80% [2]. Poddanie skoszonych roślin kondycjonowaniu przynosi konkretne korzyści organizacyjne i ekonomiczne, gdyż obok zwiększenia szybkości suszenia roślin, pozwala na ograniczenie dalszych zabiegów jedynie do roztrząśnięcia pokosów. Możliwy jest również zbiór traw kondycjonowanych i podsuszonych na kiszonkę, zwłaszcza sieczkarniami zbierającymi, bez potrzeby roztrząsania po zgrabieniu w wały lub bezpośrednio z pokosów.

Straty traw łąkowych powstające podczas przetrząsania są w znacznym stopniu zróżnicowane i uzależnione od wilgotności roślin, liczby przeprowadzonych zabiegów, stosownie do sposobu konserwacji. Przy zbiorze roślin na kiszonkę straty te są małe, zwłaszcza podczas obróbki traw i wynoszą przeciętnie 1–3%, przy czym proporcja strat liści i łodyg jest nieznacznie zróżnicowana [19, 30]. Wynika to z wyższej wilgotności roślin poddawanych obróbce, mimo stosowania maszyn z aktywnymi zespołami roboczymi, które są zalecane do roztrząsania trawy z pokosów i do jej przetrząsania. Maszyny te równomiernie rozrzucają i układają skoszone rośliny, a parametry geometryczne elementów roboczych oraz rozwiązania konstrukcyjne wirników umożliwiają dokładne dostosowanie położenia palców do nierówności powierzchni pola [7]. Ważny jest też dobór parametrów roboczych przetrząsacza do szerokości i rozstawu pokosów uformowanych przez kosiarkę rotacyjną [1].

Wymagania jakości pracy maszyn do zgrabiania podsuszonych roślin w wały wiążą się nie tylko z dokładnością zgrabiania, ale również z jakością formowanego wału, który powinien charakteryzować się równomiernością wymiarów przekroju poprzecznego i podłużnego, co ma istotne znaczenie dla jakości pracy i wydajności maszyn zbierających. Straty ilościowe roślin powstałe podczas zgrabiania zawierają się w szerokim zakresie 1–20% i są zależne przede wszystkim od ich wilgotności oraz zastosowanego rozwiązania konstrukcyjnego zgrabiarce [29]. Dotychczasowe wyniki badań, jak również doświadczenia z praktyki, wykazały, że spośród istniejących różnorodnych rodzajów zgrabiarek i przetrząsaczo-zgrabiarek najbardziej przydatne do zgrabiania podsuszonych roślin trawiastych są maszyny z aktywnymi zespołami roboczymi, a w szczególności zgrabiarce karuzelowe. W celu delikatniejszego od-

działywania na rośliny i dokładniejszego ich zgrabiania, zwiększa się liczbę ramion z palcami zgrabiającymi na wirniku, stosuje się odchylenie ramion względem promienia w stronę przeciwną do kierunku obrotów, montuje się podwójne koła podporowe osadzone na wahliwych wspornikach i palce o różnej długości, zamocowane pionowo w dwóch rzędach [16].

W zależności od wydajności maszyny zbierającej, istnieje możliwość wyboru zgrabiarki karuzelowej z jednym zespołem roboczym, z dwoma zespołami układającymi wał centralnie lub z boku. W najnowszych rozwiązaniach zgrabiarek z czterema zespołami karuzelowymi układającymi wał centralnie, szerokość zgrabiania dochodzi nawet do 13 m [25].

Wymagania Systemu Maszyn Rolniczych (SMR) [35] dotyczące maszyn do koszenia i obróbki trawy odnoszą się w szczególności do wartości dopuszczalnych strat ilościowych, dopuszczalnego zanieczyszczenia jej ziemią, jak również efektów pracy odnośnie równomierności rozrzucenia pokosów czy też wymiarów formowanego wału. Podczas koszenia traw łąkowych i roślin motylkowatych straty ścierniskowe nie powinny przekraczać 3%. Wobec przetrząsaczy wymagane jest równomierne rozrzucenie pokosów i roztrząsanie wałów. Przetrząsaczo-zgrabiarki nie powinny zanieczyszczać paszy ziemią oraz powodować strat zgrabiania nie wyższych niż 3%. Wymagania SMR odnośnie zgrabiarek dotyczą spełnienia dopuszczalnych wymiarów zgrabionych wałów, których szerokość nie powinna być większa niż 1,2 m, wysokość wałów pojedynczych zaś nie powinna przekraczać 0,5 m, a wałów podwójnych 0,8 m.

Straty masy suchej substancji powstające w wyniku oddychania skoszonych roślin

Podczas suszenia skoszonych roślin w warunkach polowych, obok strat powodowanych przez maszyny, występują straty ilościowe wynikające z ich oddychania oraz wymywania składników pokarmowych przez deszcze i skutek działania drobnoustrojów. Określenie strat roślin z tytułu ich oddychania jest trudne, a uzyskiwane wyniki wahają się w szerokich granicach, przy czym dane literaturowe obejmują najczęściej cały okres suszenia w warunkach polowych przy zbiorze na siano [29]. Proces oddychania roślin przebiega najbardziej intensywnie bezpośrednio po ich skoszeniu i kończy się przy obniżeniu wilgotności względnej trawy do 40% [14, 22, 37]. Z uwagi na zbiór zielonek przewędniętych lub podsuszonych przeznaczonych na kiszonkę (przy wilgotności 65–45%) straty masy roślin z powodu ich oddychania są znacznie mniejsze niż przy zbiorze na siano, zwłaszcza przy całkowitym jego wysuszeniu w warunkach polowych.

Straty zielonki powodowane przez maszyny zbierające

Maszyny stosowane do zbioru podsuszonych roślin z wałów lub z pokosów powodują straty ilościowe w wyniku pracy podbieracza i pozostałych zespołów roboczych. Straty te, powodowane przez zespół podbierający, związane z niedokładnym zebraniem roślin z wału przez podbieracz wynoszą 1–3% plonu, w zależności od wymiarów jego przekroju poprzecznego [11, 15, 19].

W prasach zwijających ze zmienną komorą straty trawy są podobne jak w prasach tłokowych formujących małe bele prostopadłościennie [15, 29], przy czym te ostatnie nie są wykorzystywane do zbioru podsuszonych roślin trawiastych na kiszonkę. Natomiast w prasach stałokomorowych straty te są 2,5-krotnie większe niż w prasach zmiennokomorowych [15]. W strukturze strat motylkowatych liście mogą stanowić nawet 80% [3], a przy prasowaniu traw straty liści i łodyg są zbliżone [19]. Prasy ze stałą komorą prasowania, pomimo powodowania wyższych strat, znalazły szersze zastosowanie do zbioru podsuszonych traw przeznaczonych do zakiszania, niż prasy o zmiennej komorze. Zdecydowały o tym takie czynniki jak: prostsza konstrukcja komory prasowania, brak trudności z rozpoczęciem zwijania beli, mała wrażliwość na wilgotność i równomierność rozłożenia trawy w wale, formowanie beli o cylindrycznym kształcie i gładkiej powierzchni [12, 23].

Potrzeba wykonania na postoju dodatkowych obrotów beli w celu owinięcia sznurkiem i wyrzucenia jej na ziemię zwiększa straty komorowe oraz pochłania około 40% efektywnego czasu pracy i w znaczącym stopniu wpływa na zmniejszenie wydajności maszyny [22]. Dlatego też tradycyjny sposób owijania bel sznurkiem jest często zastępowany przez wiązanie dwoma sznurkami, siatką lub folią [12], co jednak podnosi koszty prasowania. Podejmowane próby konstrukcji pras zwijających wyposażonych we wstępną komorę prasowania i dzięki temu pracujących bez konieczności zatrzymywania się, nie doprowadziły dotychczas do uruchomienia ich seryjnej produkcji [11].

W prasach formujących duże bele prostopadłościennie straty komorowe są o 50% mniejsze niż w prasach zwijających o zmiennej komorze [29]. Prasy tłokowe formujące wielkogabarytowe bele prostopadłościennie mają cechy pras tłokowych klasycznych, a przy tym znacznie większą od nich wydajność. Wyposażone są dodatkowo w zespół zasilający komorę prasowania o zróżnicowanym rozwiązaniu konstrukcyjnym, który spełnia też funkcję komory wstępnego zagęszczenia [18, 36]. Zróżnicowane wymiary przekroju poprzecznego komory prasowania decydują o przepustowości maszyny, co znacząco rzutuje na wydajność całej technologii zbioru. Zagęszczenie materiału w prasach można zmieniać w pewnych granicach przez odpowiednią regulację, a występujące w praktyce zagęszczenie bel formowanych przez prasy zwijające wynosi 120–180 kg · m⁻³ s.m., a wielkogabarytowych bel prostopadłościennych 130–270 kg · m⁻³ s.m. [18].

Zastosowanie w prasach zespołów rozdrabniających podsuszoną zielonkę przed sprasowaniem zwiększa zagęszczenie bel cylindrycznych o 5–15%, a prostopadłościennych o 5–10% [32]. Uzyskany dzięki temu wzrost masy bel powoduje zmniejszenie ich liczby z 1 ha, a tym samym zmniejsza się zużycie sznurka lub siatki oraz folii do owijania. Ponadto zmniejszają się koszty transportu i przechowywania. Pocięcie zbieranej trawy wpływa korzystnie na jakość kiszonki i ułatwia jej skarmianie. Obok wspomnianych zalet zastosowanie urządzeń tnących w prasach prowadzi jednak do wzrostu jej ceny, masy prasy, zapotrzebowania na moc, nakładów na obsługę oraz strat ilościowych. Drobne części roślin, powstające podczas rozdrabniania, mogą zakłócać funkcjonowanie aparatów wiążących i samego zespołu rozdrabniającego, a straty materiału roślinnego mogą być nawet 5-krotnie większe niż podczas zbioru prasą konwencjonalną [32].

W sieczkarniach polowych, powstają straty ilościowe zasadniczo w wyniku pracy podbieracza. Natomiast nie ma ich wewnątrz maszyny, gdyż zarówno układ walców wciągających, jak i zespół rozdrabniający są szczelnie osłonięte. W sieczkarni polowej ciągnikowej z toporowym zespołem rozdrabniającym transport sieczki na przyczepę zapewniają łopatkę osadzone na tarczy zespołu rozdrabniającego, a w nowoczesnych sieczkarniach samojezdnych z bębnowym zespołem rozdrabniającym dodatkowo zainstalowane dmuchawy [4]. Zasięg wyrzutu rozdrobnionego materiału roślinnego uzyskiwany przez sieczkarnie, zwłaszcza samojezdne, pozwala wprawdzie na prawidłowe wypełnienie skrzyni środków transportowych, jednak podczas transportu pneumatycznego sieczki powstają straty związane z rozsypywaniem (wyrzucaniem porcji) sieczki z kanału wylotowego poza skrzynię przyczepy.

Podczas zbioru podsuszonej trawy przyczepami zbierającymi straty powstają głównie w wyniku pracy podbieracza. Dla zminimalizowania strat ilościowych występujących wewnątrz maszyny, klasyczne przyczepy do zbioru podsuszonych traw mają wysokie ściany boczne skrzyń ładunkowych w całości wykonane z blachy. W nowoczesnych przyczepach najczęściej stosowanym urządzeniem rozdrabniającym jest zespół z nagarniaczem bębnowym i stałymi nożami [31]. Pojemność skrzyni przyczep zbierających osiąga 25–55 m³, a prędkość podczas transportu dochodząca do 60 km · h⁻¹ przyczynia się do zmniejszenia czasu transportu w strukturze czasu ogólnego, a tym samym wzrostu wydajności agregatu. W przyczepach tych zastosowano elementy elektrohydrauliczne, umożliwiające zdalne sterowanie zespołami realizującymi załadunek i wyładunek, a w szczególności podnoszenie oraz opuszczanie podbieracza, otwieranie i zamykanie ściany tylnej, napęd przenośnika podłogowego oraz przestawianie przegubowo zamocowanego zaczepu. Wszystkie te zmiany wprowadzono w celu uzyskania korzystniejszych parametrów eksploatacyjnych maszyny oraz lepszego dostosowania jej konstrukcji do zbioru traw na kiszonkę.

Wymagania Systemu Maszyn Rolniczych dotyczące maszyn zbierających odnoszą się do dopuszczalnych strat zielonki oraz do jakości jej rozdrobnienia. Straty materiału roślinnego powodowane przez podbieracz przy zbiorze podsuszonych roś-

lin prasą zwijającą lub sieczkarnią przyczepianą nie powinny przekroczyć 3%, a sieczkarnią samojezdną 1,5%. Parametrem charakteryzującym jakość pracy zespołów rozdrabniających sieczkarni jest rozrzut długości sieczki. Wymagane jest przy tym, aby przy zbiorze trawy zawartość sieczki w klasie długości 0–30 mm stanowiła powyżej 80% w odniesieniu do sieczkarni przyczepianej, a w przypadku sieczkarni samojezdnej powyżej 90% całkowitej masy zielonki [35].

Straty zielonki powstające podczas załadunku, transportu i rozładunku surowca roślinnego

Straty trawy powstające podczas załadunku związane są głównie z pneumatycznym transportem rozdrobnionego materiału roślinnego z sieczkarni polowej na przyczepę i wynoszą około 3% zbieranej masy roślinnej [29]. Ograniczenie do minimum strat z powodu „gubienia” sieczki zarówno podczas załadunku, transportu, jak i rozładunku materiału możliwe jest przez właściwy dobór środków transportowych (specjalnych przyczep silosowych, szczelnych przyczep uniwersalnych z nadstawkami lub dodatkowymi osłonami) i staranność obsługi. W trakcie załadunku materiału roślinnego na środki transportowe i podczas ich przejazdu sieczka ulega naturalnemu zagęszczeniu, które w zależności od jej wilgotności względnej i długości sieczki może wynosić $280\text{--}370\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ [13].

Straty ilościowe występujące podczas transportu, prac załadunkowych i rozładunkowych są uzależnione m.in. od formy przygotowania materiału roślinnego oraz rodzaju zastosowanych środków transportowych i przeładunkowych. Do transportu bel cylindrycznych i prostopadłościennych używa się przyczep uniwersalnych, a do załadunku i rozładunku różnorodnych urządzeń technicznych, w tym ładowaczy czołowych, wyposażonych w typowe albo w specjalistyczne chwytaki lub ładowaczy obrotowych, dla których źródłem napędu jest ciągnik bądź własny silnik [5]. W przypadku bliskiego położenia użytków zielonych od miejsca składowania bel cylindrycznych, możliwe jest stosowanie przyczep wyposażonych w urządzenie załadunkowe.

Wymagania Systemu Maszyn Rolniczych [34, 35] odnośnie jakości pracy urządzeń do załadunku i wyładunku bel: nośnika, wózka transportowego oraz ładowacza są jednakowe i nie zawierają szczegółowych wartości liczbowych odnośnie dopuszczalnych strat ilościowych, lecz podają ogólne informacje, że urządzenia te w trakcie pracy nie powinny uszkadzać bel i sznurka.

Podsumowanie

Złożoność i losowość procesu zbioru zielonek i ich konserwacji, jak również materiał roślinny charakteryzujący się dużą zmiennością, są przyczynami rozbieżności wyników uzyskanych z bezpośrednich pomiarów w zróżnicowanych warunkach polowych [29]. Straty materiału roślinnego w znaczącym stopniu zależne są od zastosowanych maszyn, organizacji prac i warunków zbioru. Starty podczas koszenia są uzależnione od rodzaju zespołu tnącego kosiarki i jego parametrów roboczych oraz stanu roślin (prosty lub wyłożony porost). Ustawienie zespołu tnącego na zalecaną wysokość (5–8 cm) zapewnia właściwy odrost roślin w następnym pokosie. Kondycjonery powodują zróżnicowane straty zależne od rodzaju obrabianych roślin, jak również od typu (zgniatacz lub spulchniacz pokosów) oraz parametrów ich pracy. Spulchniacze powodują nieco większe straty niż zgniatacze. Wśród spulchniaczy najmniejsze straty powodują spulchniacze z palcami z tworzywa sztucznego. Straty powodowane przez zgniatacze są w większym stopniu uzależnione od nastawionych parametrów pracy niż rodzaju materiału i konfiguracji powierzchni walców. Stosowane powszechnie przetrząsacze wirnikowe powodują straty zielonki w wyniku dynamicznego oddziaływania palców na rośliny. Straty całkowite przetrząsania są uzależnione od liczby zabiegów i wilgotności roślin, co jest jednym z ważnych czynników przemawiających na korzyść sporządzania kiszonki w porównaniu ze zbiorem zielonki na siano. Wilgotność roślin podobnie jest ważna w przypadku strat zgrabiania. W celu ich zmniejszenia wprowadzono modernizacje konstrukcyjne najbardziej przydatnych zgrabiarek karuzelowych, dotyczące zwiększenia liczby ramion na wirniku i ich promieniowego odchylenia w stronę przeciwną do kierunku obrotu. Zbiór zielonki z przeznaczeniem do zakiszania wiąże się ze znacznie mniejszymi stratami oddychania niż na siano. W strukturze strat powodowanych przez maszyny zbierające występują straty podbierania i wewnątrz maszyny. Straty powodowane przez podbieracz, którego konstrukcja jest identyczna we wszystkich maszynach, są zbliżone w przypadku zbioru roślin o podobnym gatunku i takiej samej ich wilgotności. Straty wewnątrz maszyny dotyczą w szczególności pras zbierających i jako tzw. komorowe są zróżnicowane: największe występują w prasach stałokomorowych, a w prasach zmienokomorowych są ok. 2,5-krotnie mniejsze i najmniejsze w prasach tłokowych formujących wielkogabarytowe bele prostopadłościenne (dwukrotnie mniejsze niż w prasach ze zmienną komorą prasowania). W przyczepach zbierających straty wewnątrz maszyny w zasadzie nie występują. Podobnie jest w przypadku sieczkarni polowych, tu jednak mogą mieć miejsce straty ilościowe powstałe w wyniku pneumatycznego transportu z kanału wylotowego sieczkarni na przyczepę i ich wartość może być znacząco różna w zależności od właściwego wyboru i przygotowania środków transportowych, staranności obsługi, a zwłaszcza od panujących podczas zbioru warunków atmosferycznych. Straty podsuszanej zielonki sprasowanej w bele cylind-

dryczne lub prostopadłościennie podczas prac załadunkowych, rozładunkowych i transportowych nie powinny występować.

W wymaganiach Systemu Maszyn Rolniczych określone są dopuszczalne wartości względnych strat ilościowych zielonki powodowane przez maszyny i urządzenia stosowane w poszczególnych operacjach i zabiegach technologii zbioru zielonki z przeznaczeniem do zakiszania.

Literatura

- [1] Bosma A.H. 1989. Anforderungen an die Maschinenleistung bei modernen Anwelkverfahren. *Grundl. Landtech.* 1: 1–3.
- [2] Breuninger E. 1992. Die Trocknungszeit um 25 Prozent verkürzt. *Top Agrar* 3: 114–116.
- [3] Bucmaster D.R., Rotz C.A., Black J.R. 1990. Value of alfalfa losses on dairy farms. *Transactions of the ASAE* 33(2): 351–360.
- [4] Dmitrewski J., Gach S., Waszkiewicz Cz. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych kombajnów zielonkowych ze szczególnym uwzględnieniem zespołów rozdrabniających. Maszynopis w Katedrze Maszyn Rolniczych SGGW, Warszawa: 43 ss.
- [5] Froba N. 1996. Grossballenhandling – Transport, Umschlag, Lagerung. *Landtechnik* 4: 209–214.
- [6] Gach S. 1987. Rezultaty issledowanij rotacjonnoj kosiłki z bicziowym apparatom do obrabotki trawy. Trudy Moskovskowo Instytuta Inženierow Sielskochoziajstwiennowo Proizwodstwa. Moskwa: 96–100.
- [7] Gach S. 1992. Investigations of work of the rotary tedrakes. *Annals of Warsaw Agricult. Univ. SGGW* 25: 37–42.
- [8] Gach S. 2003. Analiza i ocena technologii sporządzania kiszonek z zielonek niskołodygowych. Rozprawa habilitacyjna. Wyd. SGGW, Warszawa: 116 ss.
- [9] Gach S., Klonowski J., Sypuła M., Strużyk A. 1999. Badania kosiarki tarczowej ze spulchniaczem pokosów. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 8: 2–4.
- [10] Gach S., Pintara C. 2000. Zbiór zielonek z zastosowaniem kondycjonerów. *Post Nauk Rol.* 4: 65–76.
- [11] Gieroba J., Nowak J. 1999. Wybrane aspekty oceny jakości pras zbierających. Materiały konf. Badania maszyn i urządzeń rolniczych. SGGW, Warszawa: 77–86.
- [12] Gieroba J., Nowak J., Sawa J. 1995. Ocena technologii zbioru pasz objętościowych w postaci wielkowymiarowych bel. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 424: 161–168.
- [13] Hertwig F., Fechner M. 1996: Wiegen oder Schätzen? Ermittlung der Erntemassen bei Anwelk – und Maissilierung. *Neue Landw.* 7(5): 81–82.
- [14] Jankowska-Huflejt H., Paluch B., Zastawny J. 1996. Przyczyny strat składników pokarmowych w procesie zbioru i konserwacji pasz z użytków zielonych. IMUZ, Falenty: 22 ss.
- [15] Koegel R.G., Straub R.J., Walgenbach R.P. 1985. Quantification of mechanical losses in forage harvesting. *Transactions of the ASAE* 28(4): 1047–1051.
- [16] Kowalewsky H.H. 1992. Leistungsfähige schwader. *Landtechnik* 47(5): 212–214.
- [17] Kuczewski J., Gach S., Miszczak M., Klonowski J., Kotecki L. 1991. Badania i opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych wybranych maszyn i urządzeń stosowanych do

- zbioru roślin łąkowych. Referaty i doniesienia na seminarium podsumowującym badania i wdrożenia w CPBR-10.2.3. IMUZ, Falenty: 319–322.
- [18] Lisowski A. 1996. Rozwiązania konstrukcyjne zespołów zasilających, prasujących i wiążących w wielkogabarytowych prasach zbierających. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 10: 13–17.
- [19] MC Gechan M.B. 1988. Susceptibility to losses during mechanical silage and haymaking operations in relation to grass dry matter content. *Grass and Forage Sci.* 43: 387–393.
- [20] Napieraj A. 1989. Analiza i dobór parametrów pracy spulchniacza pokosów. Praca doktorska. IBMER, Warszawa: 105 ss.
- [21] Nowak J. 1992. Wpływ wysokości koszenia na ilość i jakość zbieranych pasz zielonych. *Post. Nauk Rol.* 2: 47–56.
- [22] Olszewski T. 1991. Analiza i ocena efektywności technologii zbioru zielonek na siano. IBMER, Warszawa, rozprawa habilitacyjna: 103 ss.
- [23] Olszewski T., Nowak J. 1995. Wybrane aspekty produkcji kiszzonek w belach cylindrycznych. *Post. Nauk Rol.* 1: 37–47.
- [24] Olszewski T., Pintara C. 1998. Ocena stanu i główne kierunki w technice i technologiach zbioru i konserwacji pasz zielonych. *Inżynieria Rolnicza* 2: 153–152.
- [25] Olszewski T., Roszkowski A. 2001. Technika rolnicza XXI wieku. Część III. Technika zbioru i przygotowania zielonek do konserwacji. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 6: 2–5.
- [26] Osobow W.I., Wasiljew G.K. 1983. Sienouborocznyje maszyny i komplekсы. Maszynostrojenie, Moskwa: 303 ss.
- [27] Podkówka W. 1998: Kierunki w produkcji kiszzonek i siana w Europie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 462: 25–39.
- [28] Roszkowski A. 1998: Technologie zakiszania zielonek niskołodygowych zbieranych prasami – ocena stanu i perspektywy. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 6(1): 89–108.
- [29] Rotz C.A. 1995. Loss models for forage harvest. *Transactions of the ASAE* 38(6): 1621–1631.
- [30] Savoie P. 1988. Hay tedding losses. *Canadian Agricultural Eng.* 30: 39–42.
- [31] Sęk T., Przybył J., Durczak K. 1995. Budowa zespołów tnących w przyczepach zbierających. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 6: 7–9.
- [32] Sęk T., Przybył J., Durczak K. 1997. Urządzenia tnące w prasach do bel wielkogabarytowych. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 7: 2–3/16.
- [33] Shinnars K.J., Koegel R.G., Straub R.J. 1991. Leaf loss and drying rate of alfalfa as affected by conditioning roll type. *Applied Engineering in Agriculture* 7(1): 46–49.
- [34] System maszyn rolniczych 1987: Cz. 2. Transport rolniczy. Wydawnictwo IBMER, Warszawa: 80 ss.
- [35] System maszyn rolniczych 1988: Cz. 8. Produkcja pasz objętościowych. Wydawnictwo IBMER, Warszawa: 60 ss.
- [36] Szpilko A.W. 1997. Proizwoditeliel'nost' krupnogabaritnykh press-podborscikow. *Traktory i Sielskchoz. Masziny* 8: 29–30
- [37] Zastawny J. 1993. Wartość pokarmowa różnie konserwowanych pasz objętościowych z użytków w świetle badań chemicznych i zootechnicznych. Rozprawa habilitacyjna. IMUZ, Falenty: 102 ss.

The losses of green forage harvested for silage

Key words: green forage harvesting, silage, machines, losses

Summary

Paper analysed and evaluated the losses of green forage caused by the machines in field operations at harvesting for silage. The values of losses were quoted on the basis of literature data as well as the requirements of Agricultural Machinery System. The values of forage losses were considered as affected by various factors, such as construction of working assemblies in used machine or device, selection of operating parameters, kind and moisture content of processed plant material.