JERZY MAŃKOWSKI, JACEK KOŁODZIEJ, ANDRZEJ KUBACKI[1]

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich

INNOWACYJNA METODA ZBIORU LNU WŁÓKNISTEGO I PRZEROBU SUROWCA NA WŁÓKNO JEDNOPOSTACIOWE

Nadesłany: 30.10.2020 Zaakceptowany do druku: 14.12.2020

1. Wstęp

W Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w ramach projektu dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju zrealizowano projekt badawczy dotyczący opracowania technologii zbioru lnu włóknistego z przeznaczeniem na włókno jednopostaciowe z jednoczesnym pozyskaniem nasion. Celem artykułu jest przedstawienie wyników doświadczenia polegającego na zbiorze lnu włóknistego nową metodą koszenia, przerobie słomy na włókno jednopostaciowe oraz otrzymanie przędzy tkackiej.

W Polsce len uprawia się na areale ok. 5400 ha. Len włóknisty jest rośliną, która wymaga stosowania drogich, specjalistycznych maszyn do wyrywania, pielęgnacji i zbioru słomy. Zbiór polega na wyrywaniu łodyg, z jednoczesnym układaniem ich w warstwy w celu wyroszenia. Wyrywanie zapobiega stratom włókna występującego w odcinkach przykorzeniowych [Kurchański 1974, Heller 2010]. Aby poszczególne warstwy słomy mogły zmieścić się obok siebie, szerokość wyrywania którą stosują wszyscy producenci maszyn wynosi 1,2 m. Maszyny stosowane do odwracania roszonej słomy również dostosowane są do tej szerokości. Wydajność takich maszyn jest bardzo niska, wynosi ok. 1 ha/godz. Aby otrzymać wysokiej jakości włókno, wyrywanie musi być wykonane przed pełnią dojrzałości nasion. Dla odzyskania nasion, które dojrzewają w torebkach wyrwanych łodyg wykorzystuje się odziarniarki z pokosów [Mańkowski i in. 2014, 2015]. Ni-

[1] Wkład pracy: Jerzy Mańkowski – 40%, Jacek Kołodziej – 40%, Andrzej Kubacki – 20%.

ska wydajność tradycyjnie stosowanych maszyn podraża cały proces zbioru. Sytuację dodatkowo komplikuje konieczność wyroszenia słomy. Roszenie tzw. metodą słańcową odbywa się przy pomocy organizmów grzybowych rozwijających się pod wpływem opadów i rosy oraz energii ciepła słonecznego [Waśko 1987]. Na wyłożonej na plantacji słomie rozwijają się organizmy grzybowe, które odpowiadają za rozpad substancji pektynowych łączących włókno z drewnikiem. Cały proces ułatwia późniejszy przerób słomy i wydobycie włókna. Proces całkowicie uzależniony jest od warunków atmosferycznych, które w Europie Środkowej nie są tak korzystne jak w Europie Zachodniej. W warunkach pogodowych Francji, Belgii, Holandii, gdzie okres wegetacji jest dłuższy a jesień cieplejsza i wilgotniejsza, warunki roszenia w poszczególnych latach są znacznie bardziej sprzyjające. W krajach tych technologia słańcowego roszenia zdaje egzamin. W warunkach pogodowych krajów środkowo- i wschodnioeuropejskich, z gorszymi warunkami rolniczymi i jesienną „huśtawką" pogodową, w poszczególnych latach, technologia ta zawodzi, bowiem często prowadzi do strat wynikających z niedoroszenia słomy (susza) lub jej przeroszenia (nadmierne opady, krótki dzień, zbyt mało ciepła itd.). Bywają lata, że zbiór w ogóle nie jest możliwy (słoma przed zbiorem musi być wysuszona). Trudno jest również zabrać zdrowe nasiona, często są one tracone [Mańkowski 2017].

Celem rozwiązania przedstawionych powyżej problemów zrodził się pomysł aby wyeliminować z procesu zbioru specjalistyczne maszyny na rzecz dostępnych w gospodarstwach rolnych kombajnów zbożowych. Obecnie wykorzystanie nowoczesnych agregatów uprawowych i coraz częściej stosowanie uprawy bezorkowej pozostawia pola wyrównane, co umożliwia zastosowanie bardzo niskiego koszenia, przy którym pozostają jedynie korzenie z szyjką korzeniową, która albo nie zawiera włókna a jeśli zawiera to włókno jest bardzo niskiej jakości.

Standardowe kombajny zbożowe nie sprawdzają się przy koszeniu oraz młóceniu lnu włóknistego. Opór stawiany przez łan lnu jest dużo większy niż łan zboża i wymaga bardziej sprawnego mechanizmu tnącego. Przed zbiorem lnu, w łanie pozostaje na 1 m^2 około 1000 roślin, zawierających 30% włókna o bardzo dużej wytrzymałości. Dla porównania ilość roślin zbóż przed zbiorem waha się w granicach 400 na m^2. Zboża są roślinami jednoliściennymi, o innej delikatniejszej budowie w porównaniu z roślinami dwuliściennymi, do których zalicza się len.

2. Metodyka badań

Prace realizowane w ramach tematu podzielone były na doświadczenia polowe, prace technologiczne związane z dostosowaniem kombajnu zbożowego do koszenia lnu włóknistego. Realizowano również prace mające na celu opracowanie technologii przerobu słomy lnianej na włókno jednopostaciowe.

W ramach prac polowych założona została plantacja lnu włóknistego o powierzchni 20 ha, zlokalizowana w województwie wielkopolskim. Pod plantację wybrano pole o glebie kompleksu rolniczego pszennego. Przed zasiewem roślin wykonano analizy glebowe, których wyniki przedstawiono poniżej:

- kategoria agronomiczna gleby – lekka,
- odczyn – lekko kwaśny,
- potrzeby wapnowania – ograniczone,
- zawartość fosforu – wysoka,
- zawartość potasu – średnia,
- zawartość magnezu – średnia.

Przedplonem dla lnu była pszenica ozima. Przygotowując glebę pod zasiew wykonano zabiegi agregatem uprawowym, połączone z rozrzuceniem kompostu oraz nawozu wieloskładnikowego. Bezpośrednio przed siewem celem zniszczenia chwastów wykonano oprysk herbicydem.

Len włóknisty odmiany Modran wysiano stosując ilość wysiewu 140 kg nasion na ha. Po wschodach zastosowano nawożenie saletrą amonową.

Zdjęcie 1

Plantacja lnu włóknistego

Źródło: Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich.

W fazie jodełki celem ochrony roślin wykonano oprysk środkiem chwastobójczym, najpierw przeciw chwastom dwuliściennym, następnie po pięciu dniach przeciw chwastom jednoliściennym. Przeprowadzono również oprysk środkiem zwierającym mikroelementy boru. Przed zbiorem wykonano desykację.

Równolegle z doświadczeniem polowym prowadzono prace mające na celu przystosowanie kombajnu zbożowego do prac przy zbiorze lnu włóknistego. W pierwszej kolejności należało dostosować elementy tnące kombajnu zbożowego tak aby sprostały zadaniu koszenia lnu, który zawiera wytrzymałe włókno. Do modernizacji wytypowano kombajn zbożowy Massey Ferguson 38 oraz John Deere W 540. Z kombajnów wymontowano standardowe zbożowe zespoły tnące, zastępując je zmodernizowanym zespołem tnącym przystosowanym do cięcia lnu.

Zdjęcie 2

Kombajn zbożowy z dostosowanym elementem tnącym do koszenia lnu

Źródło: Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich.

W nowym zespole tnącym noże zostały ułożone naprzemiennie, zamontowano zamknięte bagnety, zmniejszono długość palców motowideł, zamiast stalowych palców zastosowano gumowe elementy nagarniające, co pozwoliło na równomierne podawanie ścinanych roślin na żmijkę podającą i uniknięcie zaczepiania się łodyg lnu na stalowych motowidłach. Zmodernizowano przekładnię napędzającą, zwiększając jej prędkość. Wprowadzono również możliwość hydraulicznej regulacji ustawienia nagarniających motowideł.

W zespole młócącym usunięto wszystkie miejsca, w których może dojść do zahaczenia włókna. Zaokrąglono wszystkie śruby mocujące. Przerobiono próg przy klepisku, pozbawiając go ostrych elementów.

Wszystkie wprowadzone zmiany sprawdzano w trakcie prób technologicznych. Początkowo słoma lniana zawijała się na motowidłach oraz na zgarniaczu ślimakowym. W celu wyeliminowania problemów przeprowadzono poprawki

w zmodernizowanym zespole żniwnym, polegające na demontażu i przeróbce napędu nagarniacza ślimakowego i zmniejszeniu prędkości obrotowej motowidła oraz ślimaka podającego. Modernizacja ramy nośnej motowideł pozwoliła na płynniejszą regulację nagarniania słomy.

Zdjęcie 3

Zmodernizowany element tnący dostosowany do zbioru lnu włóknistego zamontowany na kombajnie zbożowym Massey Ferguson 38

Źródło: Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich.

W nowej technologii założono wykorzystanie na tym etapie wysokowydajnych przetrząsarek siana. Możliwość ich zastosowania wynika z tego, że słoma lniana po kombajnie zbożowym nie jest już prosta tylko stanowi masę połamanych i poplątanych ze sobą łodyg. Przetrząsarki umożliwiają równomierne wyroszenie surowca oraz umożliwiają szybkie jego wysuszenie. Po wyroszeniu zbiór był prowadzony przy użyciu zmodyfikowanych uniwersalnych pras do zbioru słomy zbożowej.

Tradycyjnie przerób słomy lnianej odbywa się na dwóch liniach, w skład których wchodzi zespół turbinowy i zespół pakulany. Aby ograniczyć energochłonność i pracochłonność przerobu zdecydowano się na modyfikacje techniczne tak aby ograniczyć park maszynowy do jednego urządzenia.

Po skoszeniu lnu kolejnym etapem było opracowanie nowej metody pielęgnacji słańca w trakcie roszenia.

Zdjęcie 4

Próby polowe koszenia lnu zmodernizowanym kombajnem zbożowym John Deere W 540

Źródło: Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich.

Zdjęcie 5

Wyroszona słoma lniana

Źródło: Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich.

Zdjęcia 6

Opracowana w ramach projektu linia do przerobu słomy na włókno jednopostaciowe

Źródło: Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich.

3. Wyniki

Po zmodernizowaniu wykonano badania kombajnu zbożowego z elementem tnącym dostosowanym do koszenia lnu włóknistego.

Zdjęcie 7 i 8

Proces cięcia słomy lnianej

Źródło: Raport z badań zleconych przez IWNiRZ. Badania wykonał PIMR.

Zdjęcia 7 oraz 8 pokazują proces cięcia źdźbeł lnu pomiędzy palcem po prawej stronie a nożykiem poruszającym się w prawo. Źdźbła lnu wykazywały większą sprężystość w porównaniu do jęczmienia. Źdźbła były chwytane pomiędzy nożykiem i palcem. W trakcie cięcia źdźbła były przytrzymane a przy ruchu powtórnym noża uwalniane.

Przeprowadzone badania poboru mocy przez zespół żniwny oraz kosę listwową wykazały, że pobór mocy przez kombajn zbożowy przy zbiorze lnu jest dwukrotnie większy niż przy zbiorze jęczmienia.

W laboratorium Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich prowadzono pomiary morfologiczne słomy lnianej z plantacji założonych w ramach doświadczenia. Oprócz plonu słomy określono również zawartość włókna oraz ilość nasion. Średnie wyniki z dwóch lat przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wyniki badań słomy i nasion z plantacji – średnia z dwóch lat

Długość [cm]		Grubość [mm]	Ciężar słomy z nasionami [g]		Ciężar słomy bez nasion [g]		Nasiona		Procentowa zawartość włókna
ogólna	techn.		0,25 m	1,00 m	0,25 m	1,00 m	[g]	[%]	[%]
68,5	57,0	1,2	218,6	874,8	160,6	638,5	30,3	15,2	22,1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań laboratoryjnych.

Doświadczenia polowe prowadzono w latach 2014 i 2015. W pierwszym roku doświadczenia w czasie zbiorów występowały intensywne opady deszczu, co spowodowało dużą wilgotność a co za tym idzie roszenie lnu na pniu. Utrudniało to całą technologię i prowadziło do wydzielania się włókna. Natomiast drugi rok z uwagi na panującą suszę był trudny dla procesów roszenia słomy na plantacjach. Suma opadów w drugim roku doświadczenia wynosiła 67,4 mm, czyli stanowiła zaledwie 10% wymaganych opadów do prawidłowej wegetacji. Do tego ponad 90% wszystkich opadów zakończyło się w maju, co miało negatywny wpływ na wzrost roślin lnu. W czasie zbioru występowały bardzo wysokie temperatury powietrza oraz okresowo duża wilgotność, co prowadziło także do roszenia lnu na pniu. Średnio słoma wyroszona stanowiła 75%, a przeroszona 25%.

Otrzymano słomę lnianą, która przeznaczona została do próbnych przerobów na agregacie do produkcji włókna jednopostaciowego. Surowiec poddany został również ocenie laboratoryjnej.

W laboratorium Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich przeprowadzano badania jakościowe otrzymanego włókna jednopostaciowego i nasion. Prowadząc badania określono:

- zanieczyszczenie włókna,
- średnią długość włókna,
- podzielność włókna,
- wilgotność włókna,
- czystość nasion,
- masę 1000 nasion,
- zdolność kiełkowania,

- energię kiełkowania,
- wilgotność nasion.

Badania cech jakościowych włókna i nasion przeprowadzone zostały zgodnie z Polskimi Normami.

Tabela 2

Wyniki badania nasion lnu – średnia z dwóch lat

Lp.	Badanie nasion lnianych	Wartość
1.	Masa 1000 nasion	5,57 g
2.	Zdolność kiełkowania po 3 dniach (średnia z 3 powtórzeń)	84,00%
3.	Energia kiełkowania po 7 dniach (średnia z 3 powtórzeń)	93,50%
4.	Wilgotność nasion	8,65%
5.	Stopień zanieczyszczeń	0,26%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań laboratoryjnych.

Tabela 3

Wyniki badań jakości włókna jednopostaciowego – średnia z dwóch lat

Średnia zawartość włókna [%]	Średnia długość włókna [mm]	Zanieczyszczenie włókna [%]	tex	Nm	Wilgotność [%]
21,61	167,00	6,21	267,35	4,32	11,35

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań laboratoryjnych.

Otrzymane włókno poddane zostało próbnemu przędzeniu. Przed próbami przędzenia włókno jednopostaciowe uszlachetniono. Proces uszlachetniania prowadzony na oczyszczarkach polegał na doczyszczeniu, ujednoliceniu długości oraz podzieleniu włókna przeznaczonego do przędzenia.

Po skróceniu najdłuższych włókien oraz doczyszczeniu i podzieleniu tasiemek włókna partia doświadczalna była gotowa do dalszej obróbki. W Zakładzie Doświadczalnym Instytutu z uzyskanego włókna uformowano taśmę zgrzebną, którą po sprasowaniu i spaletyzowaniu została przekazana do wybranych zakładów przędzalniczych. Tradycyjnie w przędzalnictwie klasycznym lnu występują dwa systemy przędzenia. Są nimi system czesankowy dla włókna długiego i system zgrzebny do przędzenia pakuł i wyczesów - włókien krótkich. Otrzymane włókno jednopostaciowe przerobione zostało systemem zgrzebnym. Otrzymana przędza poddana została badaniom metrologicznym w laboratorium Instytutu.

Tabela 4

Wyniki badania przędzy z włókna jednopostaciowego – średnia z dwóch lat

Parametr	Wynik	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Masa liniowa	139 tex	2,77 tex	1,97%
Siła zrywająca	16,26 N	3,50 N	22,83%
Wydłużenie	1,55%	0,27%	17,73%
Wytrzymałość właściwa	11,37 cN/tex	2,55 cN/tex	22,83%
Skręt	308 obr/m	41,06 obr/m	13,96%
Wilgotność	6,98%	0,08%	1,13%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań laboratoryjnych.

Uzyskana przędza tkacka nadaje się do zastosowań w tkaninach tekstylno – odzieżowych o gramaturze od 300 do 450 g/m^2. Taka tkanina jest wykorzystywana w średnio ciężkim krawiectwie w szyciu spodni, marynarek czy bluz.

4. Wnioski

Głównymi beneficjentami do których adresowane są wyniki projektu są plantatorzy, przedsiębiorstwa rolne działające w branży lniarskiej oraz przetwórcy słomy lnianej. W ramach realizacji zadania opracowano instrukcję uprawy, zbioru oraz przetwórstwa lnu włóknistego uwzględniając specyfikę gospodarowania oraz warunki agrotechniczne w trzech województwach - zachodniej, południowej oraz wschodniej Polski. Ośrodek Doradztwa Rolniczego może uczestniczyć w procesie rozpowszechniania opracowanej technologii poprzez jej promocję wśród rolników z różnych części kraju.

Obecnie gospodarstwa rolne aby uprawiać len muszą dysponować specjalistycznymi drogimi maszynami służącymi do wyrywania oraz odwracania lnu na plantacji. Maszyny te służą jedynie do pielęgnacji lnu i nie można ich zastosować przy innych roślinach. Opracowana w ramach projektu technologia umożliwia po dostosowaniu, wykorzystanie w zbiorze lnu włóknistego kombajnu zbożowego, przegrabiarki do siana oraz tradycyjnych pras rolniczych. Są to maszyny powszechnie dostępne w rolnictwie.

Opracowana metoda pozwala na obniżenie kosztów pracy związanej ze zbiorem, pielęgnacją i zwózką słomy lnianej o około 30%. Nakłady materiałowe są na podobnym poziomie. Dotychczas przerób słomy odbywał się na dwóch liniach tj. zespole turbinowym i zespole pakulanym. W zaproponowanym rozwiązaniu słoma lniana przerabiana jest na jednym agregacie, obniża to koszt przerobu o 15%.

W tradycyjnej technologii przerabiając słomę otrzymujemy włókno długie i krótkie. Nowa technologia pozwala uzyskać włókno jednopostaciowe. Cena włókna jednopostaciowego wynosi ok. 5 zł/kg a włókna długiego ok. 9 zł/kg. W nowej technologii otrzymujemy nasiona, które podnoszą opłacalność produkcji. Przeprowadzona analiza ekonomiczna wykazała, że zastosowanie nowej technologii zwiększa opłacalność uprawy lnu włóknistego o ponad 400 zł/ha.

LITERATURA

1. Heller K., Praczyk M., Byczyńska M. (1974): Wpływ technologii uprawy na jakość plonów lnu włóknistego. Biuletyn Informacyjny PILiK Len i Konopie nr 14/2010, 26-34.
2. Kurthański M. (1974): Uprawa lnu włóknistego. PWRiL Warszawa, 4-18.
3. Mańkowski J., Kołodziej J., Maksymiuk W., Spychalski G., Kubacki A., Kupka D., Pudełko K. (2017): Research on New Technology of Fiber Flax Harvesting. Journal of Natural Fibers 15, 1, 53-61.
4. Mańkowski J., Kubacki A., Kołodziej J. (2014): Innowacyjna technologia zbioru i przetwórstwa lnu na włókno jednopostaciowe – projekt realizowany w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w ramach programu badań stosowanych. Biuletyn Informacyjny PILiK Len i Konopie nr 22/14, 10-13.
5. Mańkowski J., Kołodziej J., Kubacki A., Kanoniczak M. (2015): Przygotowanie agregatu i przerób słomy lnianej na włókno jednopostaciowe – realizacja projektu w ramach programu badań stosowanych. Biuletyn Informacyjny PILiK Len i Konopie nr 25/15, 4-11.
6. Waśko J. (1987): Poradnik Brakarza słomy lnianej i konopnej. IKWN Poznań 1987, 15-29.

JERZY MAŃKOWSKI, JACEK KOŁODZIEJ, ANDRZEJ KUBACKI

INNOWACYJNA METODA ZBIORU LNU WŁÓKNISTEGO I PRZEROBU SUROWCA NA WŁÓKNO JEDNOPOSTACIOWE

Słowa kluczowe: ***l****en włóknisty, włókno jednopostaciowe, nasiona lniane, koszenie lnu, przędza lniana*

STRESZCZENIE

W Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich opracowano efektywną technologię zbioru lnu włóknistego z przeznaczeniem na włókno jednopostaciowe z jednoczesnym pozyskaniem nasion.

Len włóknisty jest rośliną, która wymaga stosowania drogich, specjalistycznych maszyn do wyrywania, pielęgnacji i zbioru słomy. W miejsce specjalistycznych maszyn, zaproponowano wykorzystanie kombajnów zbożowych. Celem wydobycia włókna, słomę po skoszeniu trzeba wyrosić. Zabieg roszenia polega na wyścielaniu słomy na plantacji. Na wyścielaną słomę działają mikroorganizmy grzybowe, które powodują rozkład pektyn

łączących włókno z drewnikiem. Aby proces roszenia przebiegał równomiernie, wyścielaną słomę należy odwracać. Do odwracania słomy wykorzystano dostępne w większości gospodarstw rolnych maszyny, zbiór wyroszonej słomy prowadzony był przy wykorzystaniu pras rolujących.

W artykule przedstawiono prace adaptacyjne mające na celu dostosowanie wytypowanych kombajnów zbożowych do koszenia lnu. Przedstawiono również wyniki doświadczenia polowego. Słomę lnianą przerabiano wykorzystując opracowaną linię. Otrzymane włókno jednopostaciowe poddano ocenie metrologicznej a następnie wyprodukowano doświadczalne partie przędzy lnianej, którą także przebadano laboratoryjnie.

JERZY MAŃKOWSKI, JACEK KOŁODZIEJ, ANDRZEJ KUBACKI

AN INNOVATIVE METHOD OF FIBROUS FLAX HARVESTING AND PROCESSING THE RAW MATERIAL INTO ONE-TYPE (HOMOMORPHIC) FIBRE

Keywords: *fibrous flax, one-type (homomorphic) fibre, flax seed, flax mowing, flax yarn*

SUMMARY

At the Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants in Poznań, an effective technology of fibrous flax harvesting intended for one-type (homomorphic) fibre with simultaneous seed production has been developed.

Fibrous flax is a plant that requires the use of expensive, specialized machines for pulling, maintaining and harvesting straw. Instead of specialized machines, it was proposed to use cereal combine harvesters. In order to extract the fiber, the straw must be dew retted after it is mowed. The retting procedure consists in padding the straw in the field in the plantation. The retted straw is affected by fungal microorganisms and in the process of degumming, fibres are separated from adhesive substances like hemicelluloses, pectin, and partially from lignin, waxes and fats. To ensure that the retting process is even, the retted straw should be turned over at least twice. The machines available in most farms were used to turn the straw over, while the harvest of the retted straw was conducted with the use of round balers.

The article presents adaptation works aimed at adjustment of selected cereal combine harvesters to flax mowing. The results of the field experiment are also presented. Flax straw was processed using the developed line. The obtained homomorphic fibre was subjected to metrological evaluation, and then experimental batches of linen yarn were produced, which were also tested in the laboratory.

e-mail: jacek.kolodziej@iwnirz.pl