

CHIGLAY68 • PL ISSN 0009-2886 • ROK LXVIII

miesięcznik naukowo-techniczny science technical monthly

CHEMIK

10.2014

nauka • technika • rynek science • technique • market

XV Konferencja OCHRONA ŚRODOWISKA
XV Conference ENVIRONMENTAL

0009-2886 (pł. 009 zł + 5% VAT)

9 770009 288006
PL ISSN 0009-2886

www.miesiecznikchemik.pl
www.chemikinternational.com



ZW  CHEMPRESS

Energetyczne wykorzystanie biomasy z konopi uprawianych na terenach zrehabilitowanych

Jerzy MAŃKOWSKI, Jacek KOŁODZIEJ*, Przemysław BARANIECKI – Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2014, 68, 10, 901–904

Wstęp

Konopie siewne (*Cannabis sativa* L.) są ciekawą rośliną pod względem gospodarczym oraz ekologicznym. W uprawie konopi nie jest wymagane stosowanie środków ochrony roślin, konopie są naturalnie odporne na choroby, hamują rozwój wielu chwastów, odstraszają szkodniki oraz wykorzystują siłę pokarmową zawartą w glebie. Zastosowanie właściwej agrotechniki gwarantuje prawidłowy rozwój roślin i uzyskanie wysokiego plonu biomasy, który wynosi ok. 10–15 t/ha. Konopie osiągają wysokość ponad 2,5 m a nawet 3,0 m [Venturi i in. 2007]. W przeciwieństwie do wieloletnich roślin energetycznych, konopie łatwo można wprowadzić do płodozmianu. Ze względu na swoje właściwości uprawne, konopie przyczyniają się do ulepszenia systemów glebowych czyniąc korzystne warunki dla innych roślin uprawnych. Między innymi dzięki palowemu systemowi korzeniowemu rośliny doskonale przewietrzają glebę i poprawiają stosunki wodne. Specyficzna rurowa budowa łodyg konopi w połączeniu z trudno rozkładającą się krystaliczną strukturą celulozy i substancji celulozowo podobnych, powoduje ograniczone usiecienie mineralnego składu warstw gleby wskutek czego wytwarzają się naturalne, organiczne kanały. Umożliwiają one dostęp powietrza i przepływ wody oraz gazów glebowych. Dlatego konopie wpływają na poprawianie struktury gruzelkowej gleb i stanowią dobry przedplon w płodozmianach z dużym udziałem zbóż. Palowy system korzeniowy wzrastający w glebę prostopadle do głębokości 1,0–1,5 m spulchnia glebę, a same rośliny pobierają wodę z głębszych warstw.

Konopie siewne, z uwagi na dużą ilość biomasy i dobrze rozwinięty system korzeniowy, wykorzystano jako roślinę przyspieszającą procesy rekultywacji gleb na terenach po kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w gminie Kazimierz Biskupi. Rekultywacja polega na uprawie konopi w płodozmianie z lucerną siewną i następnie przyorywaniu otrzymanej biomasy w celu przyspieszenia odbudowy warstwy próchniczej w glebie.

Prowadzone badania

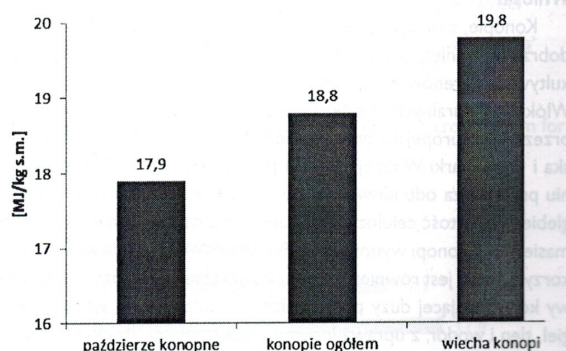
Celem prowadzonych badań było określenie ciepła spalania biomasy konopi oraz wykazanie możliwości wykorzystania konopi uprawianych na zrehabilitowanych terenach pokopalnianych na cele energetyczne. Konopie siewne są rośliną, z której pozyskuje się włókno z przeznaczeniem głównie na cele techniczne. Produktem ubocznym z procesu wydobycia włókna są paździerz, czyli drewnik. Jednym z kierunków wykorzystania paździerz konopnych są cele energetyczne. Z przerobu słomy konopnej otrzymuje się ok. 25% włókna i 75% paździerz. Na cele energetyczne, zgodnie z zapisami obowiązującej w Polsce Ustawy o przeciwdziałaniu narkomanii z 2005 r., można przeznaczać tylko surowiec odpadowy powstający w procesie wydobycia włókna [Dz.U. 2005 Nr 179 poz. 1485].

Konopie charakteryzują się wysokim plonem biomasy wynoszącym nawet 15 t/ha, co stanowi prawie trzykrotnie większą wartość w porównaniu do plonu słomy zbóż. Przy wykorzystaniu słomy zbożo-

wej na cele energetyczne zachodzi konieczność jej wcześniejszego dosuszenia. Wartość opałowa pszenicy wilgotnej wynosi ok. 12,9 MJ/kg, a dosuszonej 17,3 MJ/kg, jęczmienia ok. 12,0 MJ/kg, po dosuszeniu 16,1 MJ/kg [Tymiński 1997]. Konopi, w przeciwieństwie do wymienionych zbóż czy innych roślin energetycznych, nie trzeba dosuszać, ponieważ proces technologiczny przewiduje w sposób naturalny wysychanie roślin na plantacji. Po skoszeniu w pełnej dojrzałości kwiatostanów, konopie pozostają na stanowisku do czasu dosuszenia do powietrznie suchej masy (ok. 16% wilgoci dla całych roślin). Prowadzone pomiary wykazały, że wilgotność paździerz konopnych wynosi ok 8,5% [Kołodziej 2009], natomiast wilgotność słomy zbożowej po dosuszeniu wynosi 15%, a zrębków drzewnych aż 40% [Wirchowski 1994].

Wysokość plonów konopi jest mniejsza od plonów takich roślin uprawianych na cele energetyczne, jak kenaf (ok. 24 t/ha) czy miskantus (ok. 30 t/ha) [Kozłowski i in. 1998]. Ciepło spalania kenafu wynosi ok. 15,8 MJ/kg s. m., a miskantusa ok. 17,9 MJ/kg s. m., ale są to rośliny mało przystosowane do naszego klimatu lub wymagające wysokich nakładów na uprawę. Nie są one konkurencją dla konopi; plantację kenafu i miskantusa zakłada się z sadzonek, ponadto są to rośliny wieloletnie, w związku z czym nie nadają się do uprawy w zmianowaniu.

Ciepło spalania konopi, w zależności od części rośliny, wynosi od 18 do 19 MJ/kg s. m. Najwyższym ciepłem spalania, wynoszącym 19,8 MJ/kg s.m., cechują się wiechy konopne, jest to o 1 MJ/kg więcej w stosunku do całych roślin. Natomiast odpad z procesu wydobycia włókna, czyli paździerz konopne, w stosunku do całych roślin cechują się ciepłem spalania niższym o ok. 5%.

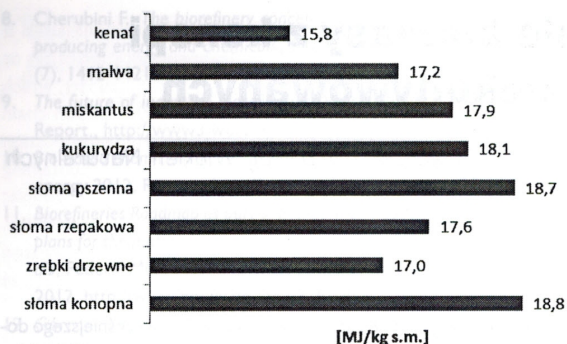


Rys. 1. Ciepło spalania poszczególnych frakcji konopi (badania własne)

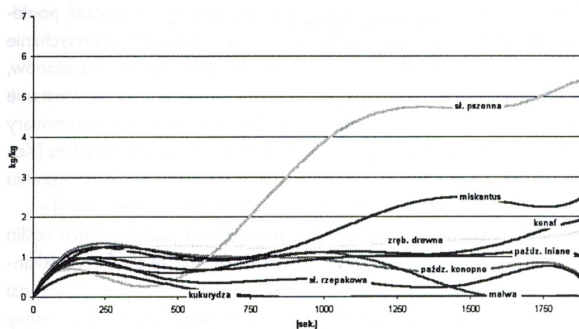
Ciepło spalania konopi w zestawieniu z innymi roślinami uprawianymi na cele energetyczne przedstawia wykres (Rys. 2).

Konopie są odporne na liczne choroby i wiele grup szkodników, dzięki czemu roślina ta nie wymaga stosowania w ochronie związków chemicznych, na produkcję których przeznaczona jest znaczna ilość energii i wytwarza duże ilości CO₂. Największy wpływ na występowanie efektu cieplarnianego ma emisja dwutlenku węgla (55%) [Grzybek i in. 2001]. W celu ograniczenia skutków efektu cieplarnianego, pożądanym jest wprowadzanie do upraw roślin cechujących się zarówno zwiększoną absorpcją dwutlenku węgla z atmosfery oraz zwiększoną retencją węgla w glebie.

Autor do korespondencji:
Dr inż. Jacek KOŁODZIEJ, e-mail: jacek.kolodziej@iwnirz.pl



Rys. 2. Ciepło spalania roślin uprawianych na cele energetyczne (badania własne)



Rys. 3. Emisja CO₂ podczas spalania materiału roślinnego (badania własne)

Przy użyciu kalorymetru stożkowego określono poziom emisji CO₂ wytypowanych surowców roślinnych. Z prowadzonych badań (Rys. 3) wynika, że konopie w trakcie wzrostu pochłaniają ponad dwa razy więcej CO₂ w stosunku do uwalnianego gazu w trakcie spalania. Strumień emisji CO₂ jest znacznie niższy w porównaniu do emisji podczas spalania słomy pszennej czy miskantusa.

Wnioski

Konopie, z uwagi na swoje właściwości (duża ilość biomasy oraz dobrze rozwinięty system korzeniowy), wykorzystywane są w rekultywacji terenów pokopalnianych w realizowanym w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich projekcie dofinansowanym przez Unię Europejską oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wysoki plon suchej masy po jej przyzioraniu przyspiesza odbudowę warstwy próchnicznej w rekultywowanej glebie. Zawartość celulozy i substancji celulozopodobnych w suchej masie łądyg konopi wynosi 70–75%. W projekcie, obok konopi, wykorzystywana jest również lucerna. Połączenie w płodozmianie uprawy konopi dającej duży plon celulozy, w skład której wchodzi węgiel, tlen i wodór, z uprawą lucerny wytwarzającej, dzięki symbiozie z bakteriami brodawkowymi, dużo azotu, stanowi swoisty kompozyt biologiczny, ułatwiający tworzenie warstwy próchnicznej.

Po zakończeniu rekultywacji na terenach pokopalnianych z powodzeniem można uprawiać konopie siewne. Prowadzone badania wykazały, że otrzymaną z upraw biomasa, oprócz tradycyjnych kierunków zastosowania (przemysł celulozowo-papierniczy, budowlany czy materiałów kompozytowych), można również przeznaczyć na cele energetyczne.

Literatura

1. Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K.: *Słoma energetyczne paliwo*. Akademia Rolnicza w Lublinie. Warszawa, 2001, 5.

2. Kołodziej J.: *Efektywność energetyczna konopi w zależności od czynników agrotechnicznych*. Praca Doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2009, 84–96.
3. Kozłowski R., Kaniewski R., Mańkowski J.: *New trends in harvesting, processing and application of hemp used for production of textiles and cellulose*. Proceedings and Abstracts. The 1st Nordic conference on flax and hemp processing. Tampere, Finland, 1998, 115–125.
4. Tymiański J.: *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 roku*. Wydawnictwo IBMER, 1997.
5. Ustawa z dnia 29 lipca 2005 roku o przeciwdziałaniu narkomanii. (Dz. U. 2005 Nr 179 poz. 1485).
6. Wirchowski R.: *Wykorzystanie słomy jako źródła energii odnawialnej w rolnictwie na przykładzie Danii*. Seminarium Krajowe Wykorzystanie Energii w Rolnictwie. Wydawnictwo IBMER, 1994, 1–10.
7. Venturi P., Amaducci S., Amaducci M.T., Venturi G.: Interaction between agronomic and mechanical factors for fiber crops harvesting Italian results nate II. hemp. Journal of Natural Fibers, 2007, 4, 3, 83–97.

dr inż. Jerzy MAŃKOWSKI, prof. IWNiRZ ukończył studia na Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu otrzymując tytuł mgr Chemii Rolnej (1983). W 1998 r. obronił pracę doktorską na Akademii Rolniczej w Poznaniu otrzymując tytuł Doktora Nauk Rolniczych. Od 1983 r. pracuje w Instytucie Włókien Naturalnych, zajmuje się badaniami z zakresu: agrotechniki lnu i konopi pod kątem zastosowania w przemyśle, technologii przerobu lnu i konopi pod kątem produkcji włókna długiego, krótkiego jednopostaciowego oraz techniki dekortykacji, procesów naturalnego rośnięcia lnu i konopi, mechanicznego uszlachetniania surowców lignocelulozowych pod kątem uzyskiwania materiałów kompozytowych na bazie termoplastów.

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, ul. Wojska Polskiego 71b, 60-630 Poznań

*Dr inż. Jacek KOŁODZIEJ od 2003 r. pracuje w Instytucie Włókien Naturalnych, początkowo na stanowisku asystenta potem adiunkta. W 2009 r. obronił pracę doktorską na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu otrzymując tytuł Doktora Nauk Rolniczych. Zajmuje się badaniami z zakresu agrotechniki i przetwórstwa roślin włóknistych oraz wykorzystania na cele energetyczne całych roślin, słomy, i odpadów z przerobu lnu i konopi.

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich ul. Wojska Polskiego 71b, 60-630 Poznań

Dr Przemysław BARANIECKI obecnie pracuje w Dziale Informacji Naukowej i Współpracy Międzynarodowej w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu, jest odpowiedzialny za koordynację prac związanych z międzynarodowymi projektami badawczymi UE. Od ponad 20 lat prowadzi badania w zakresie hodowli, agrotechniki i wykorzystania konopi siewnych, w zakresie pierwotnej obróbki mechanicznej i zastosowania włókien lnu i konopi, a także fitoremediacji i rekultywacji gruntów zdegradowanych przez przemysł górniczy i hutniczy. Jest autorem lub współautorem ok. 80 publikacji naukowych i popularno-naukowych.

Industrial hemp grown in remediated land used for energy

Jerzy MAŃKOWSKI, Jacek KOŁODZIEJ*, Przemysław BARANIECKI – Institute of Natural Fibres & Medicinal Plants, Poznań, Poland

Please cite as: CHEMIK 2014, 68, 10, 901–904

Introduction

Hemp (*Cannabis sativa* L.) is a crop interesting in terms of economics and also ecology. Cultivation of hemp usually requires no plant protection chemicals as the crop is resistant to diseases, repels insects and is competitive to weeds. Hemp also uses very efficiently the nutrients contained in the soil. At optimum tillage regime, hemp is capable of high yields of biomass – 10–15 t/ha. Hemp reach a height of 2.5 m – 3.0 m [Venturi 2007]. Unlike perennial energy crops, hemp is easy to introduce in the crop rotation where the plant leaves good conditions for succeeding crops. Deep (1.0–1.5 m), tap root system of hemp contributes to good aeration of the soil and optimum air/water conditions. It also loosens the soil and allows the plant to use water from deeper layers of the soil. Specific, tube-like structure of the hemp stem, in combination with difficult to decompose crystalline structure of the cellulose and other cellulose-like substances results in limited cross-linking of the mineral fraction of the soil layers that creates the natural, organic channels. These channels provide air access and improve the flow of water and gases in the soil and make hemp a good preceding crop in crop rotation with high share of cereals.

Hemp is used for soil remediation. Hemp is a crop producing big amounts of biomass which when ploughed down will contribute to fast reestablishing of biologically active soil layer on degraded land. It will be ploughed down after mowing and thus will constitute a biological scaffold for growth of soil flora and fauna.

Research results

The aim of this study was to determine the heat of combustion of biomass hemp. Fibrous hemp is a source of fibre used for technical, non-apparel application. The by-product occurring during extraction of the fibre are hurds – a woody particles accompanying fibre in the stem. An example of hurds use is energy production. Processing hemp straw yields approximately 25% of fibre and 75% of hurds. According to the provisions of the Counter Drug Addiction Act of 2005 in force in Poland, only by-products evolving during processing of hemp for fibre can be used for energy production [Dz.U. 2005 Nr 179 poz. 1485]. The research shows, however, that also whole stems of hemp constitute an excellent energy feedstock.

Hemp is characterized by high biomass yield reaching even 15 t/ha which is almost three times higher than yields of cereals straw. To use the cereal straw for energy it is necessary to dry it before it can be burnt. The calorific value of wet wheat straw is about 12.9 MJ/kg compared with 17.3 MJ/kg of dry wheat straw. Similar values are obtained for barley: 12.0 MJ/kg versus 16.1 MJ/kg [Tymiński 1997]. Hemp straw, unlike straw of cereals mentioned above, does not require drying as the technological regime of hemp straw processing includes drying of plants in the field. After hemp inflorescence has been mowed in the full maturity stage, hemp is left in the field until the moisture content in the straw is reduced to 16%. The measurements showed that moisture content in the hemp hurds is about 8,5% [Kolodziej 2009], while the moisture content in the cereal straw and wood chips is 15% and 40%, respectively [Wirchowski 1994].

Yields of hemp is lower than yields of kenaf (about 24 t/ha) or miscanthus (about 30 t/ha) [Kozłowski 1998]. The calorific value of kenaf is about 15.8 MJ/kg dry matter and of miscanthus about 17.9 MJ/kg dry matter, but these crops are not well adapted to Polish climate conditions or require high inputs in cultivation. These two crops consist no competition to hemp. Kenaf and miscanthus plantations are established by planting of seedlings and they are perennial crops which make them useless for cultivation in crop rotation.

Calorific value of hemp varied from 18 MJ/kg dry matter to 19 MJ/kg dry matter depending on the part of the plant. The highest calorific value has been obtained for hemp panicles and it is by 1 MJ/kg higher as compared to whole plants. The calorific value of hurds is by 5% lower as compared to whole plants.

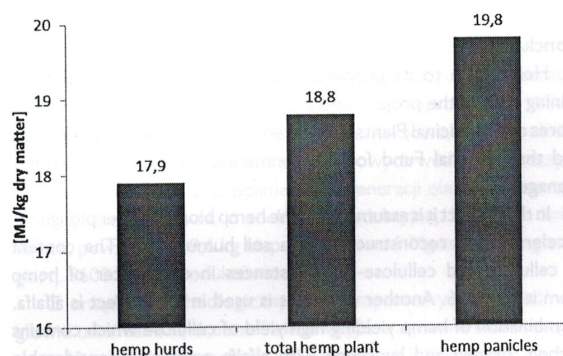


Fig. 1. Calorific value of selected hemp plant fractions (authors' research results)

Calorific value of hemp in comparison with other crops grown for energy is presented below.

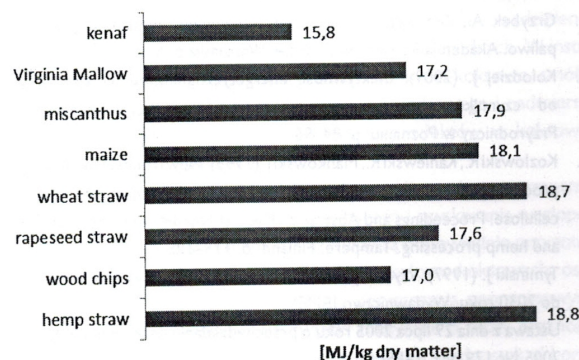


Fig. 2. Calorific value of crops grown for energy (authors' research results)

Hemp shows phyto-sanitary properties and is a good weed competitor. It is also resistant to diseases and pests which usually

Corresponding author:
Jacek KOŁODZIEJ, Ph.D. Eng., e-mail: jacek.kolodziej@iwnirz.pl

results in no need to use chemical plant protection products which are produced at significant energy use and considerable CO₂ emission. The biggest impact on the greenhouse effect is carbon dioxide (55%) [Grzybek 2001]. To reduce the greenhouse effect it is desirable to introduce in cultivation plants characterized by enhanced assimilation of CO₂ from the atmosphere and enhanced retention of carbon in the soil.

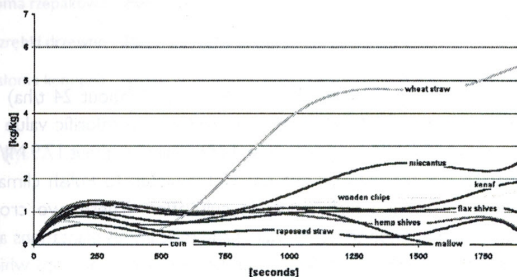


Fig. 3. CO₂ emission during combustion of plant material (authors' research results)

The research results (Fig. 3) show that hemp assimilates twice as much CO₂ during growth as compared to the CO₂ emitted during combustion of hemp straw. The emission of CO₂ is much lower than in case of combustion of wheat or kenaf straw.

Conclusions

Hemp, due to its properties is used in reclamation of post-mining land in the project implemented in the institute of Natural Fibres and Medicinal Plants subsidized by the European Commission and the National Fund for Environmental Protection and Water Management.

In this project it is assumed that the hemp biomass, after ploughing, accelerates the reconstruction of a soil humus layer. The content of cellulose and cellulose-like substances in dry matter of hemp stem is 70–75%. Another crop that is used in the project is alfalfa. Combination of hemp yielding high yield of cellulose which contains carbon, oxygen and hydrogen with alfalfa producing considerable amounts of nitrogen thanks to Rhizobium bacteria consists a sort of "biological composite".

High calorific value and biomass yields of hemp promote the cultivation of this crop for energy production on post-industrial, reclaimed land.

Literature

1. Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K. (2001): Słoma energetyczne paliwo. Akademia Rolnicza w Lublinie. Warszawa p. 5.
2. Kołodziej J. (2009): Efektywność energetyczna konopi w zależności od czynników agrotechnicznych. Praca Doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, p. 84–96.
3. Kozłowski R., Kaniewski R., Mańkowski J. (1998): New trends in harvesting, processing and application of hemp used for production of textiles and cellulose. Proceedings and Abstracts. The 1st Nordic conference on flax and hemp processing. Tampere, Finland, p. 115–125.
4. Tymiński J. (1997): Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 roku. Wydawnictwo IBMER.
5. Ustawa z dnia 29 lipca 2005 roku o przeciwdziałaniu narkomanii. (Dz. U. 2005 Nr 179 poz. 1485).
6. Wirchowski R. (1994): Wykorzystanie słomy jako źródła energii odnawialnej w rolnictwie na przykładzie Danii. Seminarium Krajowe Wykorzystanie Energii w Rolnictwie. Wydawnictwo IBMER, p. 1–10.

7. Venturi P., Amaducci S., Amaducci M.T., Venturi G. (2007): Interaction between agronomic and mechanical factors for fiber crops harvesting Italian results nate II. hemp. Journal of Natural Fibres volume 4, number 3: p. 83–97.

Przemysław BARANIECKI – Ph.D., is currently working in the Department of Scientific Information and International Cooperation at the Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants in Poznań. He is responsible for the coordination of international projects related to EU research. For more than 20 years he has been conducting research on different aspects of breeding, agronomy and utilization of industrial hemp including studies of primary mechanical processing and application of flax and hemp fibres, as well as phytoremediation and reclamation of land degraded mining and smelting operations. He has presented his research in a form of 80 publications, conference abstracts and articles in popular press.

Jerzy MAŃKOWSKI – Ph.D., Eng., Professor of INF&MP, graduated from the University of Agriculture as M.Sc. in Agricultural Chemistry in 1983; holding the Ph.D. degree in Agricultural Sciences in 1998. The doctoral thesis are entitled: „The Influence of Nitrogen Fertilization, Density of Sowing and the Date of Harvesting of Fiber Flax on the Quantity and Quality of the One-Type Fibre, as a Raw Material for Blended Yarns. He works as the researcher at the Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants from 1983. He is involved in research in following fields: technology of flax and hemp harvest on the plantation; extraction and processing of flax and hemp fibre; methods of improving the quality of flax and hemp fibres to be applied in the blends with another natural fibres; application of bast plants and derivative products in different industrial branches.

Institute of Natural Fibres & Medicinal Plants, ul. Wojska Polskiego 71b, 60-630 Poznań, Poland

*Jacek KOŁODZIEJ – Ph.D., Eng. Academic studies and employment history: since 2003 Researcher at Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants. In 2009 he got his Ph.D. in Agricultural Sciences at Poznań University of Life Sciences. He completed post-graduate studies in IT and Commercialization of Technologies; specializes in processing and applications of hemp straw, including use for energy production.

Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants, ul. Wojska Polskiego 71b, 60-630 Poznań, Poland

e-mail: jacek.kolodziej@iwnirz.pl