

Конопля (*Cannabis sativa* L.) как растение для биомассы

Лиена Пойша¹, Александр Адамович¹, Венеранда Страмкале²

¹Латвийский сельскохозяйственный университет,² Латгальский сельскохозяйственный научный центр

Коноплю в Латвии выращивают несколько столетий. Актуальность этого исследования проявляется в том, что в Латвии нет опыта использования конопли для добычи биотоплива. Объект исследования: конопля (*Cannabis sativa* L.) является однолетней культурной разновидностью рода конопли из семейства коноплевые (*Cannabaceae* Lindl.). Цель исследования: выяснить влияние дозы азотного удобрения и сорта на урожайность, содержания масла, углерода и пепла в конопле. Урожайность зеленой массы конопли в среднем была 37-52 тонны с гектара и урожай сухой массы конопляников - 9-12 тонны с гектара, на что повлияли дозы азотного удобрения, год выращивания и сорт. Анализ факторов, влияющих на содержание углерода и пепла в конопле, показал, что самое большое влияние оказывает сорт растения, а также использованные части растения. Выбирая подходящий сорт конопли, можно также получить достаточное количество биодизельного топлива.

Ключевые слова: *Cannabis sativa* L., урожайность, углерод, пепел, содержание масла

Введение

В Латвии имеются заросшие сельскохозяйственные площади, поэтому было бы целесообразно уделить снова более пристальное внимание на культивирование конопли. Она своей богатой листвой угнетает сорняки, после конопли образуется хорошая структура почвы (Adamovičs et al., 2007) и она незаменима в севооборотах биологической системы земледелия (Energy..., 2009). В странах Европейского Союза в 2007/2008 г. конопля занимала 15000 гектаров площади (Situační..., 2008), в том числе только в Латвии - около 50 га. Однако в Латвии наблюдается позитивная тенденция увеличения посевной площади конопли и в 2009 году она достигла 250 га.

В наших широтах важно повысить продуктивность растений, чтобы с одной и той же площади получить больше биомассы, которую, в свою очередь, можно использовать для добычи биотоплива. Коноплю в биотопливе используют для увеличения плотности горящего материала и улучшения энергетических свойств (Energy..., 2009).

Объект исследования: два сорта конопли (*Cannabis sativa* L.). Конопля – однолетнее высокорослое двудомное растение. Цель исследования: выяснить влияние дозы азотного удобрения и сорта на урожайность, содержания масла, углерода и пепла в конопле. Актуальность этого исследования является в том, что в Латвии нет опыта использования конопли для получения биотоплива.

Методы

Полевые опыты были проведены на перегнойно-подзолистой глеевой почве (содержание органического вещества в почве – 3,8%, pH- 7,3, P₂O₅ - 83 мг кг⁻¹, K₂O - 65 мг кг⁻¹). Предшественник: летний рапс. Конопля посеяна в 09.05.2008 и 04.05.2009 и убрана в 23.09.2008 и 21.09.2009. В испытании исследована Латвийская местная конопля 'Pūriņi' и польский сорт 'Białobrzaskie' (1968) с тремя нормами азотного удобрения (контроль N0 кг га⁻¹ – без подкормки, N60 кг га⁻¹, N100 кг га⁻¹). Весной перед посевом внесено

комплексное удобрение N:P:K – 6:26:30 – 300 кг га⁻¹. Площадь одной учётной делянки 20 м² в четырех повторностях.

Содержание масла в семенах конопли определено на анализаторе *Infratec 1241^{im}*, у которого есть специальное устройство для определения содержания масла в семенах льна и конопли.

Содержание тресты было определено для среднего образца с каждого варианта. Каждый образец был разделен на две части, высушен до 8-10% влажности. Потом из каждого образца на весах (точность ±0.001 г) было взвешенно 100 грамм конопли, из которых отделили тресту при помощи молки на *ЛМ-3*, и расчесывания. В случае необходимости помелол повторяют, пока количество тресты в лубе не превышает 10%. Остаток тресты выбирается руками (на столе, который покрыт темной бумагой). Потом луб взвешивают (точность ±0,001 г). Содержание луба и древесины вычисляется по формулам (Freimanis et al., 1980):

$$C = 100 \frac{S}{L}, \quad (1)$$

где С – содержание луба %; S – масса стеблей конопли, г; L – масса луба, г.

$$K = 100 - C, \quad (2)$$

где К – содержание тресты %; С – содержание луба %.

Содержание луба и тресты вычислено как арифметическое среднее из четырех повторений. Содержание углерода в анализируемых образцах конопли было определено углеродно-серным анализатором *Eltra CS-2000*, который действует по принципу хроматографии. Зольность конопли определена стандартным методом быстрого озоления: размельченные образцы массой 0,5 г были помещены в муфельную печь с температурой 850±15°C, выдержаны там 40 минут. Содержание углерода и пепла определено, используя методику, описанную другими исследователями (Čubars et al., 2009). Анализ содержания углерода и пепла был проведен в трех повторностях каждого образца, которые были разделены на две части: с лубом и без луба.

Данные опытов математически обработаны методами дисперсионного и регрессионного анализа.

Результаты и дискуссия

Для производства энергии из биомассы конопли, предъявляются определённые требования к энергетическим растениям, например: урожайность, количество тресты, длина растения, скорость роста, содержание углерода, зольность и др. В этой работе будут рассмотрены только несколько показателей: урожайность, длина растения, содержание масла, количество тресты, содержание углерода и пепла.

В данном исследовании сравнивалась конопля с различными видами использования: для получения волокна – сорт ‘Bialobrzskie’ и для получения семян – местная конопля, которая в Латвии выращивается более 200 лет - ‘Puriņi’.

Увеличение нормы удобрения азота (N) от N0 до N100 кг га⁻¹ обеспечило существенный ($p < 0,05$) прирост зеленой и сухой массы для обоих сортов конопли (таблица №1), что подтверждено также другими исследованиями о влиянии азота на урожайность конопли (Grabowska et al., 2005; Energy..., 2009). Удельный вес влияния подкормки N на урожайность конопли в 2009 году составляет 29%, влияние сорта или генотипа также является существенным ($p < 0,05$) - около 50%.

Средняя урожайность (таблица №1) сорта конопли ‘Bialobrzskie’ соответствует результатам, найденным в литературе (Burczyk et al., 2005; Jankauskiene et al., 2007; Jankauskiene et al., 2009).

Таблица №1. Показатели урожайности конопли в 2009 году
Table 1. The hemp harvest indicators in 2009

Сорт конопли Variety	Доза азота, Fertiliser rates, kg ha ⁻¹	Зеленая масса, Green biomass, t ha ⁻¹	Сухая масса, Dry matter, t ha ⁻¹	Длина растения, Plant height, m
Puriņi	N0	30,0	7,4	158,0
	N60	36,0	9,0	180,8
	N100	46,0	12,1	176,9
Средние Average		37,3	9,5	171,9
γ _{0,05}		7,2	1,8	3,9
Bialobrzskie	N0	45,0	11,9	272,5
	N60	52,8	14,8	289,6
	N100	59,5	16,0	274,4
Средние Average		52,4	14,2	278,8
γ _{0,05}		5,9	1,4	3,9

Самая длинная конопля в течении двух лет исследования была при норме азота N60 кг га⁻¹ (таблица №1), что можно объяснить тем, что для конопли большие нормы подкормки N могут не дать позитивный эффект (Grabowska et al., 2005). Интенсивность роста конопли совпала с результатами

других исследований (Adamovičs et al., 2007; Jankauskiene et al., 2009).

Оценивая удельный вес влияния всевозможных факторов на длину конопли и урожайность, было констатировано, что существенное ($p < 0,05$) влияние создают метеорологические условия в конкретном году (2008 и 2009) выращивания, соответственно – 37% и 28%.

Углерод является важным продуктом фотосинтеза, а также, является основным элементом сжигания топлива. Углерод обладает высокой теплотворной способностью, и он составляет большую часть сгорающей массы (Белосельский и др., 1980; Cars, 2008). Содержание углерода в конопле было от 37.62 до 40.88% (таблица №2).

Таблица №2. Содержание углерода в разных частях конопли в 2009 году, %

Table 2. The carbon content in the hemp plant parts in 2009, %

Фактор Factor A*	Фактор Factor B*	Фактор Factor C*		
		N 0	N 60	N100
Puriņi	Вес стебель All stem	38,85	38,52	38,36
	Треста Shive	39,74	40,24	40,59
Bialobrzskie	Вес стебель All stem	38,20	38,39	37,62
	Треста Shive	40,88	39,74	39,73
Среднее Average B	Вес стебель All stem	38,53	38,46	37,99
	Треста Shive	40,31	39,99	40,16
	Среднее Average C	39,42	39,23	39,07
$\gamma_{0,05A}=0,27; \gamma_{0,05B}=0,27; \gamma_{0,05C}=0,33; \gamma_{0,05AB}=0,38;$ $\gamma_{0,05AC}=0,46; \gamma_{0,05BC}=0,46$				

* Фактор А – сорт, фактор В – часть конопли, фактор С – норма азотного удобрения

* Factor A - variety, factor B - part of hemp, factor C - nitrogen fertilizer rates

Содержание тресты в сортах конопли меняется в зависимости от дозы подкормки N: в ‘Puriņi’ было 74-80%, а ‘Bialobrzskie’ – 60-66%. В тресте было больше содержания углерода, чем в стеблях с трестой и лубом. Содержание углерода в конопле существенно ($p < 0,001$) зависело от того, был ли от стебля конопли отделен луб, или нет. На содержание углерода не повлияли дозы подкормки N, зато использованный сорт на содержание углерода повлиял существенно ($p < 0,05$).

Часть, которая остается после сгорания, состоит из пепла. Пепел - минеральное вещество (Белосельский и др., 1980; Cars, 2008). Взаимодействие между сортами и нормой подкормки N на содержание (рис. №1) пепла является существенной ($p < 0,05$) – 27%. В испытаниях о содержании пепла констатирован высокий удельный вес неисследованных факторов – 36%. Возможно, этому способствовали отличия в рамках сорта, что затрудняло выяснение исследуемых факторов – сорта и нормы подкормки N, их существенность на содержание пепла в разных частях конопли.

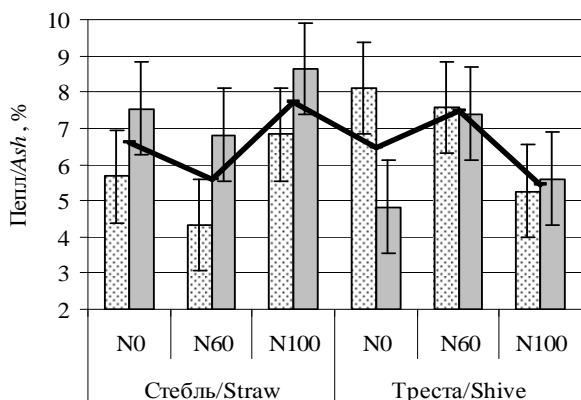


Рисунок №1. Содержание пепла % в конопле в 2009 году в зависимости от нормы азота (N0, N60, N100), где - сорт 'Pūriņi', - сорт 'Bialobrzeskie', ---- - среднее
Figure 1. Ash content % in hemp in 2009, depending on the dose of nitrogen (N 0, N 60, N 100), where - variety 'Pūriņi', - variety 'Bialobrzeskie', ---- - average

Если у стебля конопли сократить количество листьев, то уменьшится количество пепла (Energy..., 2009). Несущественно ($p > 0,05$), но содержания пепла меньше у тресты конопли, чем у всего стебля.

С вероятностью $p < 0,05$; $n = 18$ можно принять, что содержание пепла (y) зависит от содержания углерода (x), что между ними существует негативная тесная линейная связь (рисунок №2). Если содержание углерода увеличится на 1%, то содержание пепла уменьшится на 0,9%.

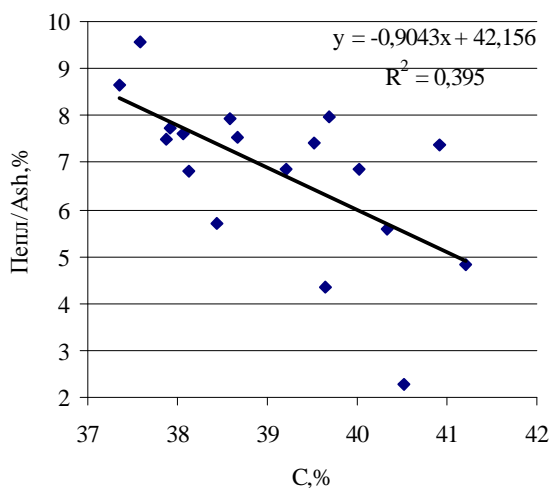


Рисунок №1. Связь между содержанием углерода и пепла для сорта конопли 'Bialobrzeskie' в 2009 году
Figure 1. The relationship between the carbon and ash content for hemp variety 'Bialobrzeskie' in 2009

Выбор растений, из которых масло может быть использовано для получения энергии, всегда пополняется. В мире все более популярны употребляемые для энергии масла - сои (в США), рапса (в Европе), подсолнечника и олив (Adamovičs et al., 2007).

Полученный в испытании урожай семян конопли следующий: 'Pūriņi' (2008) – 1699 kg ga^{-1} , 'Pūriņi' (2009) – 2205 kg ga^{-1} , 'Bialobrzeskie' (2009) – 468 kg ga^{-1} .

В зависимости от использованной технологии для получения масла, из одной тонны семян конопли можно получить 370-420 литров масла (рисунок №3) и около 600 килограм жмыха (Adamovičs et al., 2007).

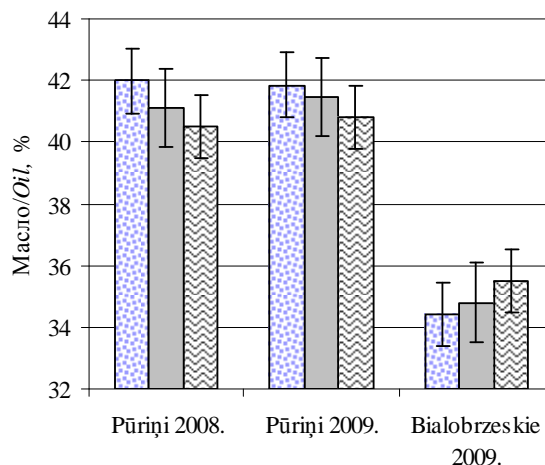


Рисунок №3. Содержание масла в сухом веществе семян конопли при разных нормах N подкорм - N0, - N60, - N100 kg ga^{-1}
Figure 1. Oil content in dry matter of hemp seeds with different doses of N feeding: - N0, - N60, - N100 kg ha^{-1}

Биодизель обладает меньшими термодинамическими способностями, чем дизельное топливо из нефти, и в результате, немного выше расход топлива, потому, что один литр биодизеля заменяет 0,9 литра дизеля из нефти (Kalniņš, 2009). С одного гектара конопли 'Pūriņi' в 2009 году можно было добыть 793,8 литров биодизеля, что в два раза больше, чем указано в литературе (Adamovičs et al., 2007; Kalniņš, 2009).

На содержание масла в семенах конопли существенно ($p < 0,05$) повлияло азотное удобрение – 19% и выбранный сорт – 80%. В проведенных опытах не найдено влияния ($p > 0,05$) года возделывания на количество содержания масла, тем самым показывая, что содержание масла в семенах конопли является относительно стабильной величиной.

Выводы

1. Урожайность и длина конопли зависят от метеорологических условий в период вегетации, от сорта конопли и дозы азотного удобрения.
2. Содержание углерода в конопле составляет от 37 до 41% и зависит от того, отделен ли от стебля конопли луб или нет, от сорта конопли, но не зависит от нормы азотного удобрения.
3. Содержание пепла в конопле составляет 4-8%. Содержание пепла в конопле зависит от взаимодействия сорта и нормы азотного удобрения, а также, констатировано высокое количество неисследованных факторов.

4. Между содержанием углерода и пепла в конопле существует негативная тесная линейная связь.

5. На количество содержания масла в семенах конопли влияют нормы азотной подкормки и сорт конопли.

6. Конопля - быстрорастущее растение, которое может быть использовано для получения биотоплива.

Благодарности

Благодарим фонд Vītoli за предоставленную стипендию. Авторский коллектив благодарит Европейский социальный фонд за присужденное финансирование (Договор Nr. 2009/0225/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/129).

Литература

1. ADAMOVIČS, A., AGAPOVS, J., ARŠANICA, A. et al. Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana.-Valsts SIA „Vides projekti”, 2007,190 p.
2. БЕЛЮСЕЛЬСКИЙ, БС., СОЛЯКОВ, ВК. Энергетическое топливо. - Энергия. Москва, 1980. 168 с.
3. BURCZYK H., KOWALSKI M., PŁAWUSZEWSKI, M. Trends and Methods in Hemp Breeding in Poland. *Journal of Natural Fibers*, 2005, Vol. 2, Num. 1, pp. 25-33.

4. CARS, A. Energoresursi. SIA Baltic Communication Partners, 2008, 102 p.
5. ČUBARS, E., NOVĪKS, G. Evaluation of reed resources in the Lubans lake and substantiation of their use in energy production. *ENVIROMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference June 25-27, 2009, 2009, Vol. 1. Rezekne*, pp. 66-73.
6. *Energy from field energy crops – a handbook for energy producers*. MTT Agrifood Research Finland, 2009, 60 p.
7. FREIMANIS, P., HOLMS, L., JURŠEVSKIS, L. et al. Augkopības praktikums. Rīga: Zvaigzne, 1980, 326 p.
8. GRABOWSKA, L., KOZIARA, W. The Effect of Nitrogen Dose, Sowing Density and Time of Harvest on Development and Yields of Hemp Cultivar Bialobrzeskie. *Journal of Natural Fibers*, 2005, Vol. 2, Num. 4, pp. 1-17.
9. KALNIŅŠ, A. Biodegvielas. Rīga, 2009, 140 p.
10. JANKAUSKIENĒ, Z., GRUZDEVĪENĒ, E., ENDRIUKAITIS, A. Sėjamjūgū kanapiū auginimo tehnoloģija. Lietuvas žemdirbystės institutas, 2007, p. 27.
11. JANKAUSKIENE, Z., GRUZDEVIENE, E. Beniko and Bialobrezskie – industrial hemp varieties in Lithuania. *ENVIROMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference June 25-27, 2009, 2009, Vol 1. Rezekne*, pp. 176-182.
12. *Situační a výhledová zpráva len a konoplí*. Ministerstvo zemědělství Česká republika, 2008, 41 p.

Liena Poiša, Aleksandrs Adamovičs, Veneranda Stramkale

Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a biomass crop

Summary

Nowadays the hemp has become very interesting as a crop for biomass production. The field trials (2008-2009) were carried out with the aim to study to get out the influence of fertiliser rates and variety on the yield, the content of oil, ash, and carbon in hemp. Two varieties were used in the experiment (the Latvian local hemp 'Pūriņi' and Polish variety 'Bialobrzeskie') fertilized with three N fertilizer rates (N0 kg ha⁻¹ - check without N, N60 kg ha⁻¹, and N100 kg ha⁻¹). This study was carried to clarify the possible effects of some factors (variety (factor A), presence or absence of the hemp fibre in a stem (factor B), N-fertilizer rate (factor C)) on the plant height, carbon content, and ashes content in the hemp biomass. The hemp dry matter was 11-16 t ha⁻¹ and 7-12 t ha⁻¹. It affected the cultivation year, the variety and N-fertilizer rate (p<0,05). The plants height was affected by investigated factors A and C (p<0,001). The carbon content in the hemp stems was noted to be from 37% to 41%, and it was not depended on N-fertilizer rate, but it was depended on the variety used (p<0,05) and presence or absence of the hemp fibre (p<0,001) in the stems. The ashes content in the hemp stems was noted to be from 4% to 8%. The hemp is suitable plant for bio-energy producing.

Cannabis sativa L., crop yields, carbon, ash, oil content

Получено в 2010 г., подписано в печать 2010 г.

Liena POIŠA. Latvia University of Agriculture, Institute of Agrobiotechnology, PhD student, researcher, Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, Tel (+371) 646 00868, e-mail: lienapois@inbox.lv.

Aleksandrs ADAMOVIČS. Latvia University of Agriculture, Institute of Agrobiotechnology, Dr.agr., profesor, Liela iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia, Tel (+371)63005629), e-mail: Aleksandrs.Adamovics@llu.lv.

Veneranda STRAMKALE. Agricultural Science Centre of Latgale, Dr. agr., Adress: Kultūras laukums 1a, Viļāni, Rēzeknes rajons, LV4650, Latvia, Tel (+371) 29465004, e-mail: strzin@apollo.lv.