

БУДУЩЕЕ – ЗА БИОЭНЕРГИЕЙ

*В статье приведен аналитический обзор по вопросам льно- и коноплеводства в Европе, в частности в Латвии и Украине, производства биогаза, а также результаты исследований по изучению продуктивности и качества сырья для биотоплива. Определено, что урожайность конопли и льна выше при выращивании их в условиях достаточного увлажнения. В зависимости от температурного режима и количества осадков, меняется содержание тяжелых металлов в растениях конопли (*Cannabis sativa L.*).*

Ключевые слова: биоэнергия, биогаз, биотопливо, конопля, лен, тяжелые металлы.

*У статті наведено аналітичний огляд з питань льноарства і коноплярства в Європі, зокрема в Латвії та Україні, виробництва біогазу, а також результати досліджень з вивчення продуктивності та якості сировини для біопалива. Визначено, що врожайність конопель та льону вище при вирощуванні їх в умовах достатнього зволоження. Залежно від температурного режиму і кількості опадів, змінюється вміст важких металів у рослинах конопель (*Cannabis sativa L.*).*

Ключові слова: біоенергія, біогаз, біопаливо, коноплі, льон, важкі метали.

*Analytical review is brought in article on questions of production of flax and hemp in Europe, in particular in Latvia and Ukraine for production of biogas, as well as productivity and quality of raw for biotuel. It was determined that productivity of the hemp and flax in growing them in condition of the sufficient moistening. Depending on the temperature mode and the amounts of rainfall had changed the content heavy metal in plants of the hemp (*Cannabis sativa L.*).*

Key words: Bioenergy, biogas, biofuel, hemp, flax, and heavy metals.

Постановка проблемы. Ряд зарубежных научно-исследовательских центров моторостроительных фирм проводят исследования, направленные на экономию дорогостоящего топлива и замену традиционных жидких углеводородных топлив новыми видами, в частности биогазом. Он представляет собой смесь метана и углекислого газа и является продуктом метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения. Биогаз относят к топливам, получаемым из местного сырья. Теоретически потенциальных источников для его производства много, на практике количество их уменьшается вследствие географических, климатических, экономических и других факторов [1].

Страны ЕС для нужд строительной, автомобильной и других отраслей начинают больше использовать биоматериалы и составляющие части растительного происхождения, к которым относят лен-долгунец и коноплю. Для этого в Европе планируется выращивать свыше 400 тысяч гектаров конопли и 120-150 тысяч гектаров льна-долгунца [2].

Украинские сорта конопли с отсутствием наркотических свойств, созданные селекционерами Института лубяных культур УААН, зарегистри-

рованы и выращиваются в странах ЕС, Канаде, Китайской Народной Республике и Российской Федерации. Согласно законодательству вышеперечисленных стран, растения конопли, в которых содержится тетрагидроканнабинола (ТГК) не превышает 0,2 %, не относятся к культурам, содержащим наркотические вещества, поэтому правительствами разрешено выращивание конопли без всяческих запретов. В Украине содержится наркотических веществ в конопле 0,0008-0,005 % при допустимом уровне 0,15 %.

Как отмечает глава подкомитета по вопросам науки и образования Комитета Верховной Рады Украины, президент национальной академии аграрных наук Украины Михаил Зубец, до 1992 года льноводство и коноплеводство были высокорентабельными отраслями для аграриев и предприятий первичной переработки (льно- и коноплезаводов) Украины. Но начиная с 1991 года, площадь под коноплей (7,7 тыс. га) сократилась к 2008 году до 810 га. Посевные площади льна-долгунца уменьшились почти в 25 раз (до 6,8 тыс. га), валовой сбор волокна (в перерасчете) – в 28,8, и семян – в 23,5 раза. Учеными установлено, что теплолюбивая способность стеблей конопли и каменного угля практически равна [2; 3].

Конопля является ценной культурой в экологическом и агротехническом плане. Ее можно выращивать в монокультуре и без применения пестицидов. При этом стержневая корневая система улучшает качество и уменьшает эрозию почв [1]. Конопля очищает почву от тяжелых металлов, поэтому она является экологическим растением [4-6].

Ученые установили, что мякоть стеблей конопли можно перерабатывать в древесный спирт, метан, этанол и бензин! Некоторые дизельные двигатели могут работать на чистом конопляном масле. И все это – экологически чистое горючее [7].

Коноплю в Латвии выращивают давно, в основном для пищевых целей. Сейчас ведутся исследования об использовании конопли в производстве гранул, предназначенных для отопления, в связи с чем содержание тяжелых металлов в этом растении стараются снизить до минимума, чтобы они не попали обратно в окружающую среду.

У конопли глубокая, хорошо развитая корневая система, поэтому она дает хороший урожай даже на загрязненных тяжелыми металлами почвах [8]. Благодаря мощно развитому листовому аппарату конопля угнетает сорняки. Она также оструктурирует почву [9; 10] и поэтому незаменима в севооборотах биологической системы земледелия [11].

Актуальным на современном этапе развития общества является изучение химического состава костры и стебля конопли (*Cannabis sativa* L.), выращенной в почвенно-климатических условиях разных зон, в том числе и в Латвии. Важным также есть определение продуктивности выращиваемых культур и зависимости от почвенно климатических условий.

Условия и методика проведения исследований. Полевые опыты с коноплей были проведены в Латвии на перегнойно-подзолистой глеевой почве (содержание органического

вещества в почве – 3,8 %, рН – 7,3, P₂O₅ – 83 мг/кг, K₂O – 65 мг/кг). Предшественник – летний рапс. Коноплю высевали в первой декаде мая, и собирали урожай в третьей декаде сентября. Весной перед посевом вносили комплексное удобрение (соотношение N : P : K – 6 : 26 : 30) в норме 300 кг/га. Площадь одного учетного участка – 20 м² в четырех повторениях.

Весной при достижении почвой физической спелости ее культивировали на глубину 8-10 см. Затем была проведена предпосевная культивация (глубина – 4-5 см). Высевали семена конопли рядковым способом (междурядья – 10 см) на глубину 3-4 см сеялкой SLN-1,6. Норма высева – 70 кг/га семян. Исследована продуктивность сорта Bialobrzesckie (польский сорт, зарегистрирован в 1968 г.).

Содержание костры определяли в растениях с каждого варианта. Каждый образец был разделен на две части, высушен до 8-10 % влажности. Потом с каждого образца было отобрано 100 г конопли, из которых отделили костру при помощи мялки на ЛМ-3 и расчесывания. В случае необходимости помол повторяли, пока количество костры в лубе не превышало 10 %. Остаток костры выбирался руками (на столе, который покрыт темной бумагой). Потом луб взвешивали (весы с точностью ± 0,001 г). Содержание луба и костры вычисляли по формулам [12]. Потом эти показатели выводили как среднее арифметическое из четырех повторений.

Содержание химических элементов в анализируемых образцах конопли было определено оптическим эмиссионным спектрометром индуктивно- связанной плазмы Perlin Elmese Optima 2100 DV. Разница между двумя повторениями не превышала 5 %.

Данные опытов математически обработаны методами дисперсионного и регрессионного анализов.

Погодные условия в годы проведения исследований наведены на рис. 1.

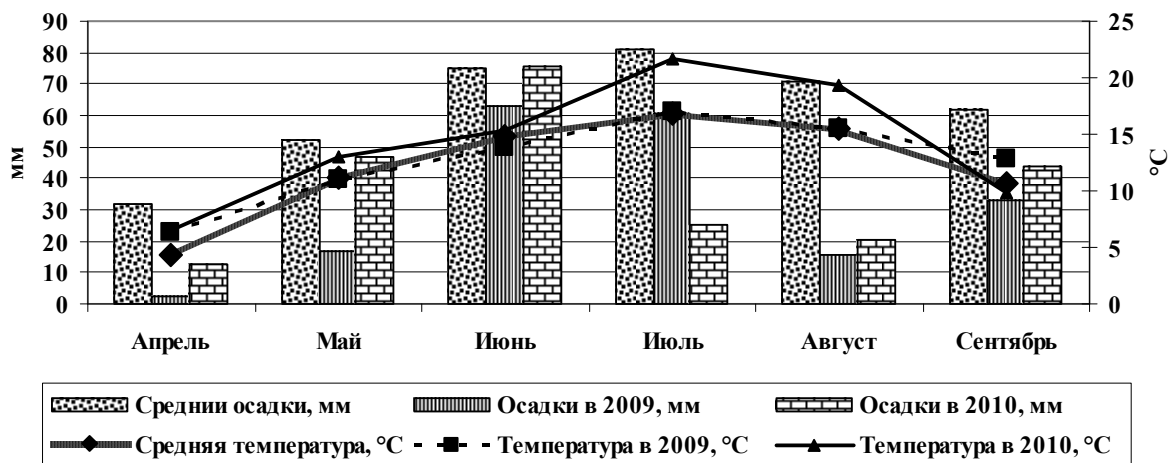


Рис. 1. Характеристика метеорологических условий в годы проведения исследований (Латвия)

Результаты исследований и дискуссия. В конопле не особо развит механизм доступа и накопления тяжелых металлов, поэтому и не появляется детоксикация растений [13].

Температура воздуха в период вегетации растений конопли в 2009 г. была в пределах нормы (среднего многолетнего), а в летние месяцы 2010 г., особенно в июле и августе, значительно превышала норму. Осадков в июле, августе, да и сентябре в оба года исследований также выпало меньше нормы, что существенно влияло на

продуктивность конопли. Изменялся, в зависимости от погодных условий периода вегетации растений, их химический состав.

Большее количество осадков в августе и сентябре 2010 г. против этого же периода 2009 г. обусловило уменьшение содержания кальция и калия в растениях. В стеблях этих элементов отмечено меньше, чем в костре (рис. 2).

Натрий и калий в больших количествах не желателен в материалах для биотоплива, потому что вызывает коррозию отопительных систем [14].

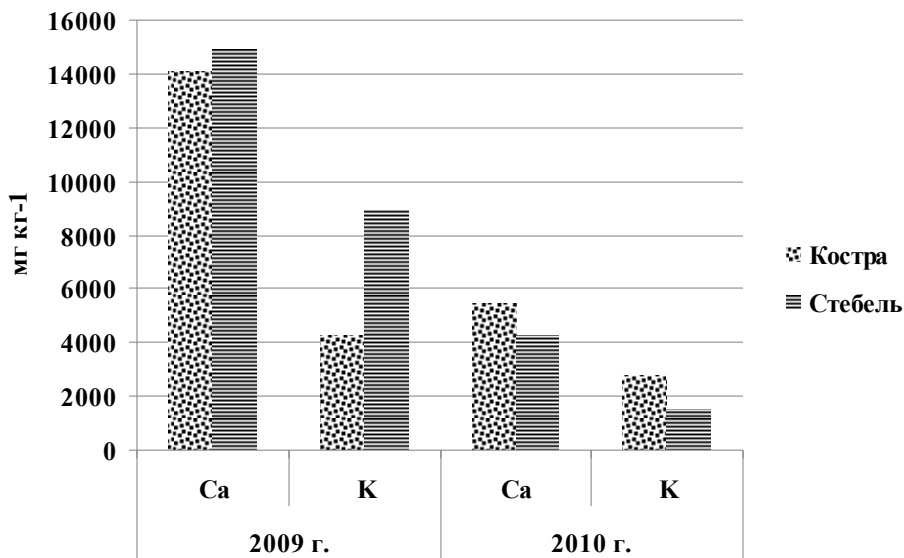


Рис 2. Содержание кальция и калия (в сухой массе) в стеблях и костре конопли

Из токсических элементов в конопле больше всего в 2009 г. содержалось мышьяка (As). В костре его было в два раза больше, чем в стебле. В 2010 г. в связи с большим количеством осадков в

предуборочный период, мышьяка в растениях содержалось значительно меньше по сравнению с 2009 годом. Содержание его было одинаковым в костре и стебле.

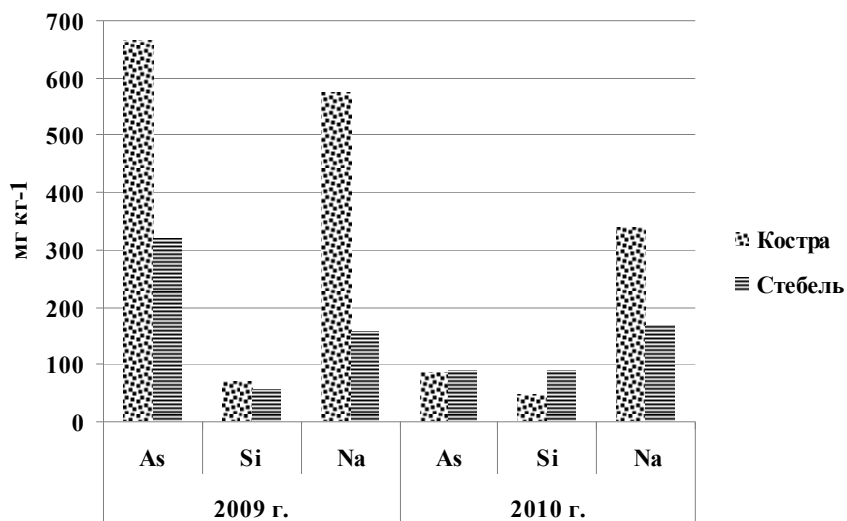


Рис. 3. Содержание мышьяка, силиция и натрия (в сухой массе) в стеблях и костре конопли

Мышьяк, кадмий и свинец входят в состав различных химических удобрений. Оценивая

содержание тяжелых металлов в растениях, необходимо учитывать следующие показатели:

историю удобрения поля, pH, органическое вещество почвы, сельскохозяйственный вид практики, климатические условия и свойства почвы [15]. Учеными [16] установлено, что в растениях концентрация тяжелых металлов ниже, чем в почве.

В опыте, проведенном в Латвии, в конопле не обнаружены кадмий (Cd) и свинец (Pb). Низкие концентрации тяжелых металлов можно объяснить хорошо развитой корневой системой и быстрым ростом исследуемой культуры (в месяц конопля вырастает в среднем на 50 см, иногда и больше).

Важным показателем является урожайность конопли. Установлено, что в 2009 г. этот показатель отмечено в среднем на уровне 11,90 ц/га сухой биомассы. В связи с большим количеством осадков и более высокой температурой воздуха, в 2010 г. было синтезировано на 23,1 % больше биомассы (14,65 ц/га). Высота растений в оба года исследований была практически одинаковой (272,5 и 270,0 см соответственно).

По подсчетам европейских научных работников, конопляная биомасса дает возможность выработать такое количество метана и метанола, что на 90 процентов обеспечит мир электроэнергией и тем самым позволит отодвинуть на второй план использование угля, нефти, природного газа и ядерную энергию [2].

Установлено, что в 2009 г. выход биогаза из конопли составил в среднем 532 ± 6 л (кг/га), а метана – 294 ± 2 N кг/га. Следовательно, среднее содержание метана в биогазе было 55,2 %. Потенциал урожайности составил $3113 \text{ Nm}^3/\text{га}$ биометана [17]. Необходимо отметить, что энергетические плантации биомассы предупреждают эрозию почвы, способствуют улучшению состояния окружающей среды. При сжигании биомассы на электростанции в атмосферу выбрасывается только тот CO_2 , который был поглощен растением во время роста [1].

Необходимо отметить, что через специфические природные почвенно-климатические условия в Северном, в отдельных местах и в Западном регионе Украины важной масличной культурой стал лен-долгунец, а в южных областях –

лен-кудряш (масличный). Растительные остатки после сбора семян и получения масла могут использоваться для производства биотоплива.

Урожайность семян льна-долгунца в Украине составляет 2,0-2,2, а льна масличного – 1,1 т/га. В Латвии погодные условия более благоприятны для выращивания льна масличного (урожайность – 2,13-2,46 т/га), выход сухого вещества для производства биотоплива тоже выше. Следовательно, валового сбора биомассы для обеспечения промышленности биоэнергетическим сырьем в Украине можно достигнуть как за счет расширения площади посевов под вышеуказанными культурами, так и за счет выведения новых сортов с высокой продуктивностью.

Подсчитано, что выход биогаза из килограмма сухого вещества конопли и льна-долгунца составляет $0,36 \text{ м}^3$, а содержание метана в нем – 59 %, тогда как из листвы деревьев меньше – $0,21-0,29 \text{ м}^3$ и 58 % соответственно [3].

Одним из важных источников сырья для биотоплива на юге Украины является также лузга подсолнечника. Созданы предприятия по ее переработке в ряде областей зоны.

Выводы. Источников сырья для производства экологически безопасного топлива достаточное количество.

Конопля и лен являются потенциальными источниками для производства биотоплива. Продуктивность их выше в условиях с большим количеством осадков.

В конопле не отмечено содержание тяжелых металлов: кадмия и свинца. Разные концентрации металлов можно объяснить хорошо развитой корневой системой, быстрым ростом конопли, погодными условиями в период вегетации растений. В костре конопли содержалось больше калия, чем в стебле, а количество мышьяка в исследуемых компонентах зависело от осадков и температурного режима.

Благодарность. Авторы из Латвии благодарят Европейский социальный фонд за присужденное финансирование (Договор Nr. 2009/0225/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/129).

ЛІТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00039212_0.html.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.tinyakova.com.ua/zews_arhive/april/len.
3. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://bio-energetics.ru/4/vihot_i_polychenie_metana.html.
4. Heavy metal tolerance and accumulation of Cd, Cr and Ni by *Cannabis sativa* L. / [Citterio S., Santagostino A., Fumagalli P., Prato N., Ranalli P. and Sgorbati S.] // Plant and Soil, 2003. – Vol. 256. – No. 2. – P. 243–252.
5. Monitoring of heavy metals and selected micronutrients in hempseeds from North-western Turkey / [Korkmaz K., Kara S. M., Ozkutlu F., Gul V.] // African Journal of Agricultural Research, 2010. – Vol. 5. – No. 6. – P. 463–467.
6. *Poiša L.* Hemp (*Cannabis sativa* L.) As Friendly Energy Resource for Environment / *Poiša L., Adamovičs A.* // In: 4th International Conference «Environmental Science and Education in Latvia and Europe» Conference Proceedings. From Green Projects to Green Society. Latvia University of Agriculture, 2010. – P. 46–47.
7. *Зотов В.* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.narodko.ru/article/cloth/konoplya.htm>.
8. Heavy metal tolerance and accumulation of Cd, Cr and Ni by *Cannabis sativa* L. / [Citterio S., Santagostino A., Fumagalli P., Prato N., Ranalli P., Sgorbati S.] // Plant and Soil, 2003. – Vol. 256. – No. 2. Oktober. – P. 243–252, [Abstract]. Available [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ingentaconnect.com/search/article?Title=hemp+heavy+metal> [Accessed Okt. 14, 2010].
9. Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana / [Adamovičs A., Agapovs J., Aršanica A. et al.]. – Valsts SIA «Vides projekti», 2007. – 190 p.
10. *Jankauskiene Z.* Piktzālētumo tyrimai sėjamosios kanapės (*Canabis sativa* L.) / *Jankauskiene Z., Gruzdeviene E.* // Agrofotocenzėse. Lžuu Mokslo Darbai, 2009. – Nr. 83 (36). – P. 23–29.

11. Energy from field energy crops – a handbook for energy producers. MTT Agrifood Research Finland, 2009. – 60 p.
12. Augkopības praktikums / [Freimanis P., Holms I., Jurševskis L. et al.]. – Rīga : Zvaigzne, 1980. – 326 p.
13. Copper localization in Cannabis sativa L. / [Arru L., Rognoni S., Baroncinl M., Bonatti P.M., Perata P.] // Grown in copper-rich solution. Euphytica, 2004. Vol. 140. – No 1-2. – P. 33–38.
14. Biedermann F. Ash-related problems during biomass combustion and possibilities for a sustainable ash utilisation, 2005 [Электронный ресурс] / Biedermann F., Oberberger I. – Режим доступа : www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Biedermann-ashrelated-2005-10-11.pdf [Accessed Jan. 21, 2010].
15. Минеев В. Г. Агрохимия и биосфера / В. Г. Минеев. – Москва : Колосс, 1984. – 245 с.
16. Stražil Z. Study of knotweed (Reynoutria) as possible phytomass resource for energy and industrial utilization / Stražil Z., Kára J. // Research in Agricultural Engineering, 2010. – Vol. 56. – No. 3. – P. 85–91.
17. Biomethane yield from energy plants in Latvia / Adamovics A., Dubrovskis V., Plume I. // 18th European Biomass Conference. From research to industry and markets. Proceedings of the European Conference held in Lyon, France, 3-7 May, 2010. – Lyon, 2010. – P. 484–486.

Рецензенти: Дробітько А. В., к.с.-г.н., доцент;
Козлов С. Г., к.с.-г.н., доцент.

© Пойша Л., Адамович А. М.,
Антипова Л. К., Борисюк О. Д., 2011

Стаття надійшла до редколегії 17.02.2011 р.