

Вплив агротехнічних факторів на продуктивність коноплі (*Cannabis sativa* L.)

Лісна Ансовна Пойша¹, Лідія Климівна Антипова²

¹Резекненська академія технологій
LV-4601, Atbrīvošanas aleja, 115, м. Резекне, Латвія

²Миколаївський національний аграрний університет
54000, вулиця Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, Україна,

Анотація. Актуальність теми обумовлена необхідністю розвитку виробництва енергетичних культур, зокрема конопель, з огляду на обмежену кількість наявних корисних копалин на потреби теплозабезпечення. Для виробництва біопалива придатними є коноплі як рентабельна культура з широким спектром використання. За мету дослідження автори поставили оцінку впливу агротехнічних факторів на продуктивність посіву та якісні показники насіння конопель для виробництва твердого палива в Латвії. Оцінено сорт польської коноплі «Bialobrzeskіe» та латвійський сорт коноплі «Pūriņi» за внесення 3 доз азотних добрив. Використано аналізи, які відносять до системних, статистичних і порівняльних. Застосовано методи дослідження: загальноприйняті у рослинництві польовий і лабораторний – для з'ясування взаємодії об'єкта досліджень з агротехнічними та природними абіотичними факторами; розрахунково-ваговий – для визначення продуктивності посівів; розрахунково-порівняльний; математико-статистичний (дисперсійний) – для оцінювання вірогідності результатів досліджень. Визначено, що для волокнистих конопель урожайність сухої речовини стебла коливається в межах 6,5–11,0 т/га, а насіння – 0,7–1,4 т/га. Продуктивність конопель істотно залежить від агротехнічних факторів, зокрема від сорту і внесення добрив, бо ці складові технології вагомо впливають на врожайність та якісні показники насіння для виробництва твердого біопалива. Сорт конопель «Pūriņi» менш продуктивний, ніж сорт конопель «Bialobrzeskіe», навіть за використання дози азотних добрив N100. Величина дози азотних добрив впливає на такі енергетичні параметри як зольність і найвища теплотворна здатність. Дослідження виявили достовірний ($P < 0,05$) вплив частки стовбура на урожайність, найвищу теплотворну здатність та зольність. Наукова новизна полягає в тому, що оцінено вплив сорту і доз азотних добрив на продуктивність, в тому числі і енергетичні властивості конопель, а практична цінність – в удосконаленні технології вирощування конопель шляхом вірно дібраного сорту та оптимізації дози азотних добрив для створення високоякісної продукції на теплопостачання та використання безвідходних технологій.

Ключові слова: коноплі, сорт, дози азотних добрив, урожайність, зольність, найвища теплотворна здатність, тверде біопаливо.

Relevance. The limited amount of available minerals for the needs of heat supply encourages the development of the production of energy crops, in particular, hemp. The aim of the study is to assess the impact of agrotechnical factors on the productivity and quality indicators of hemp for the production of solid fuels in Latvia. The Polish hemp variety «Bialobrzeskіe» and the local hemp variety «Pūriņi» were evaluated when applying 3 doses of nitrogen fertilizers. Analyzes related to systemic, statistical and comparative analyzes are used, and the available information is summarized. The main advantage of hemp is that it has been cultivated in Latvia for several centuries and has adapted to the local agro-climatic conditions. Hemp is a profitable crop with a

wide range of uses. It is suitable for the production of biofuels. For fibre hemp, the dry matter yield of the stem ranges from 6.5 to 11.0 t/ha, and the yield of seeds is 0.7 to 1.4 t/ha. The dose of nitrogen fertilizers affects such energy parameters as ash content and high calorific value. The average yield of dry hemp stalk for the local variety «Pūriņi» was higher when using the dose of nitrogen fertilizers N_{100} – 9.94 t/ha, but lower with N_0 – 5.94 t/ha. A hemp variety «Bialobrzzeskie»: above N_{100} – 13.70 t/ha, below – N_0 – 9.80 t/ha. The study noted a significant ($P<0.05$) proportional influence of the stem part – for «Biolożzeskie» – 33.2% and «Pūriņi» – 12.0%. The productivity of hemp significantly depends on agrotechnical factors, in particular, on the variety and fertilization, since these components of the technology have a significant impact on the yield and quality of seeds for the production of solid biofuels.

Keywords: hemp (*Cannabis sativa* L.), agrotechnical factors, productivity, hard biofuel.

Вступ. Тверде паливо з біомаси має широкий спектр застосувань: виробництво тепла, електроенергії, опалення тощо [1, 2]. Це вказує на те, що тверде біопаливо має більший потенціал, ніж інші ресурси біомаси. Для виробництва біопалива важливо використовувати місцеві ресурси, оскільки це зменшить витрати, підтримуватиме місцевих виробників та сприятиме енергетичному самозабезпеченню та розвитку національної економіки як Латвії, так і України.

Заміна природного газу, нафти, вугілля відходами сільського господарства (наприклад, соломою, половою тощо) та енергетичними установками стане економічно життєздатною, якщо ціни на невідновлювані ресурси зростуть, а обсяги видобутку корисних копалин зменшаться [3], тому енергетичні культури повинні бути забезпечені повним використанням усіх фракцій.

Для розробки нових технологій з розвитку альтернативних джерел енергії в Україні започаткована науково-технічна програма НААН «Луб'яні культури». Вона виконувалася десятима НДУ, зокрема співробітниками Інституту луб'яних культур [4, 5].

Загальноприйнято, що двигуни внутрішнього згоряння працюють на бензині, газі та дизельному паливі, а ціни на це основне паливо постійно зростають. До того ж забруднюється навколишнє середовище. Ці всі негаразди вимагають впроваджувати нові методи та шляхи створення палива, яке буде ефективним з економічної точки зору, чистим – з екологічної. У теперішній час до перспективного альтернативного палива для автомобілів та іншого виду транспорту віднесено біоетанол та біодизель [2].

Характеристики властивостей енергетичних установок визначаються стандартами. Вони відрізняються для кожного виду біопалива, і кожна країна, зокрема Латвія та Україна, має власні стандарти, але є стандарти Європейського Союзу. У той же час важко визначити ідеальні вимоги до якості установки, оскільки вони можуть відрізнятися для різних споживачів, наприклад, власників великих і малих печей. Крім того, актуальним питанням є підвищення якісних та кількісних показників посівів без збільшення посівних площ. Важливу роль відіграють екологічно чисті технології вирощування, які забезпечують кращу обробку ґрунту, вирощування відповідних сортів і внесення добрив за агрохімічними показниками ґрунту.

Коноплі відносять до біоенергетичних культур. За теплотворною здатністю стебла цієї рослини прирівнюють до кам'яного вугілля [5].

Світовий ринок містить більше 25 тис. продуктів коноплярської галузі [4]. До того ж потреба в продукції з технічних конопель на світовому ринку постійно підвищується [6, 7].

Водночас варто вважати насіння та волокно з конопель цінною сировиною для використання в текстильній, целюлозній, фармакологічній, косметичній, будівельній та інших видах підприємництва, а властивості цієї біоенергетичної рослини, вплив на них агротехнічних заходів треба вивчати, щоб підвищити продуктивність конопляних агрофітоценозів. Тому метою роботи було оцінити вплив таких агротехнічних факторів, як

сорт і доза азотних добрив (та їх оптимізація) на врожайність і якісні показники конопель для виробництва твердого палива в Латвії.

Огляд літератури. Коноплі посівні (*Cannabis sativa* L.) – однорічна (однородна та двородна) культура родини конопляних (*Cannabaceae*). Історично культивування *Cannabis sativa* L. почалася в Китаї близько 2700 р. до н. е., коли були відкриті властивості коноплі як лікарської рослини. Після цього вирощування конопель поширилося по всій Азії, а до 2200-2000 років до н. е. також і в Європі [8-10]. А. В. Пилипченко [11] запевняє, що слово «канабіс» появилось в Голандії як переклад англійського слова «canvas» (перекладається як парус, парусина).

Археологічні матеріали свідчать, що перші тканини були виткані з волокон кропиви та коноплі принаймні 1000 років тому [12]. У середні віки існували спеціалісти з виробництва конопляних твістерів, і в них було своє об'єднання. Їстівне насіння конопель було знайдене в кургані Талсі в XI-XIII ст.

Л. Г. Ніколайчук [7] зазначає, що технічні коноплі вважаються традиційною українською рослинною сировиною, але було заборонено у свій час висівати ці рослини в Україні, бо їх віднесено до наркотичних.

Н. В. Шолойко, В. І. Попов, Т. І. Лисенко [10] стверджують, що до 1990 року у структурі сільськогосподарських земель технічні коноплі займали понад 10%. З цієї культури виробляли канати, парусину та конопляну олію. Вирощування цих рослин було високорентабельним. Починаючи з 1990 років посіви конопель як нарковмісну культуру практично знищили.

До основних складових урожаю *Cannabis sativa* L. відносять стебла з коротким волокном і насінням. Насіння використовують в якості посівного матеріалу, або після поглибленої переробки застосовують для потреб харчової, кондитерської, фармацевтичної, косметичної та лакофарбової промисловостей [11, 13, 14].

Селекціонери Інституту луб'яних культур НААН України створили сорт Вікторія і в 2009 р. передали його на сортовипробування, бо там не виявили тетрагідроканабінол (ТГК). За продуктивністю він не поступався сорту-стандарту (ЮСО-31), та забезпечив 1,5 тис. грн/га економічного ефекту (чистого прибутку) [5].

У зв'язку з тим, що Латвія є членом ЄС, а Україна прагне до вступу в цю організацію, то їм обом необхідно розвивати галузь коноплярства. Це величезна царина, яка потребуватиме великих наукових досліджень та аналізу протягом багатьох десятиліть.

Важливою є агроекологічна характеристика конопель. Коноплі пригнічують бур'яни своїм рясним листям і є незамінною культурою в органічному землеробстві [4, 5, 11].

Коноплі є малопоширеною культурою України. Після їх вирощування поліпшуються показники санітарного стану ґрунту. Польськими спеціалістами на 4-й конференції в Руані, яка відбулася в 1996 р., в науковій доповіді за темою «Рекультивация земель, забруднених радіонуклідами» було наведено цифровий матеріал, який свідчив про зменшення вмісту солей з групи важких металів у різного типу ґрунтів, засіяних коноплями. Отже, виробництво коноплі та виготовлення продуктів з них (волокно, костриця та насіння) екологічно безпечно для людства, бо відсутнє радіологічне навантаження на живий організм [15]. Коноплі швидко ростуть (тобто не потрібна початкова обробка гербіцидами), видаляють важкі метали з ґрунту (біоремедіація) і постачають якісну непродовольчу продукцію в умовах зміни клімату [9, 16]. Коноплі та продукти з них є екологічно чистими [15, 16]. Потреба в продукції із технічної коноплі на світовому ринку постійно підвищується [11, 17, 18]. Упродовж останнього десятиріччя попит на ненаркотичні рослини цієї культури зріс на кілька сотень мільярдів доларів [7], хоча на світовому ринку продукція з конопель вже налічує близько 50 тис. видів [10]. Отже, доцільно винаходити шляхи збільшення обсягів її виробництва, щоб задовольняти попит якісною продукцією.

Матеріали та методи. Випробування посівної коноплі проводили в Латвії на типі ґрунту дерново-глеєвому (вміст органічної речовини 35–38 г/кг, рН 7,0–7,3, вміст доступного рослинного фосфору – 83–145 мг/кг P₂O₅, вміст калію – 65–118 мг/кг K₂O). Площа посівної дослідної ділянки конопель становила 20 м² у трьох повтореннях. Норма висіву насіння – 70 кг/га.

Навесні, після вирівнювання та культивації поля, перед сівбою (або в день сівби) в якості основного добрива вносили комплексне мінеральне (N:P:K – 6:26:30 – 300 кг/га). У досліді вивчали вплив доз азотних добрив на продуктивність коноплі. Азотні (N) добрива (аміачна селітра (N 34%)) вносили таким чином: 0 кг/га N, 60 кг/га N, 100 кг/га N як чистий інгредієнт (позначення N₀, N₆₀, N₁₀₀) коли коноплі сформували 3 – 6 пар листків. Пестициди для конопель не використовували.

Гранулометричний склад ґрунту визначали методом піпетування (ISO/DIS 11277), вміст гумусу – за методом Тюріна (ЛВ СТ ЗМ 80–91). Реакцію ґрунту визначали потенціометрично (ISO 10390), вміст фосфору та калію – методом Егнера-Ріма (DL) (LV СТ ЗМ 82–97).

Аналіз даних гідротермічного коефіцієнта (ГТК):

ГТК від 1,0 до 2,0 – вологість достатня;

ГТК > 2,0 – надмірне зволоження;

ГТК < 1,00 – недостатньо вологи;

ГТК від 1,0 до 0,7 – сухий;

ГТК від 0,7 до 0,4 – дуже сухий.

ГТК у Резекненському районі, Латвія, для посіву конопель становив у середньому від 1,0 до 2,0 упродовж вегетаційного періоду.

У дослідженні було оцінено сорт польської коноплі «Bialobrzeskіe» (одномна) та латвійський (місцевий) сорт коноплі «Pūriņi» (двodomна), який вирощується понад 200 років на фермі «Pikšares» Валмієрського повіту, сільський округ Руєна. Це перспективні та продуктивні сорти, придатні для агрокліматичних умов Латвії.

З 27 лютого 2020 року сорт конопли «Pūriņi» включено в Каталог сортів рослин Латвії як сорт для збереження генетичних ресурсів польових рослин.

На сайті Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин зазначено, що сорт «Bialobrzeskіe», який використовувався в дослідженні, включений до Каталогу сортів ЄС. Він був виведений у Польщі (Instytut Krajowych Włókien Naturalnych або Inst. of Natural Fibers (PL)) 31 грудня 1967 р., і зареєстрований також в Австрії, Чехії, Словенії в 1968 р. Цей сорт отримано внаслідок схрещування декількох одномних і двodomних конопель: [('(LKCS D' / 'Kompolti') // 'Bredemann 18') / 3 / 'Fibrimon 24'].

Аналіз зразків рослин проводився за встановленими стандартними методами:

- суху речовину зразка визначали при 105 °С; сушіння до постійної маси;
- теплоємність, що перевищує V = const, встановлена з висушених зразків при 105 °С – Qh. (LVS CEN/TS 14918) з калориметром ІКА С 5003;
- зольність сухої речовини – А – (ISO 1171 – 81).

Упродовж досліджень використано аналізи, які відносять до системних, статистичних та порівняльних, а також узагальнено наявну інформацію.

Результати та обговорення. Конопля з її високою теплоємністю та відносно високою врожайністю сухої маси є доброю сировиною для виробництва біоенергії, особливо якщо доступне використання разом з іншими джерелами енергії.

Нами встановлено обсяги виробництва конопель в двох різних за ґрунтово-кліматичними зонами країнах, Латвії та Україні.

В Україні, за даними Держстату [19], площі під коноплями зазнавали змін у часі. За період з 2015 по 2020 р. найбільшу площу (2,8 тис. га) під цю культуру на насінневі цілі у господарствах усіх категорій було відведено у 2016 р. Дещо менше їх висіяно у 2017 р. (2,6 тис. га) та зовсім мало (0,1 тис. га) у 2018 р. У 2020 р. цей показник значно

покращився, відведено було під коноплі та потім зібрано насіння з площі 1,6 тис. га (рис. 1).

Важливим показником обсягу виробництва сільськогосподарської продукції в державах є валовий збір. Він залежить як від кількості зібраної площі, так і від сформованої культурою продуктивності.

У Латвії найбільший валовий збір насіння (4,2 тис. ц) зафіксовано у 2018 і 2020 роках [20]. Найбільшу кількість насіння (16,9 тис. ц) українські аграрії зібрали у 2016 р. завдяки більшій площі для збору конопляного насіння.

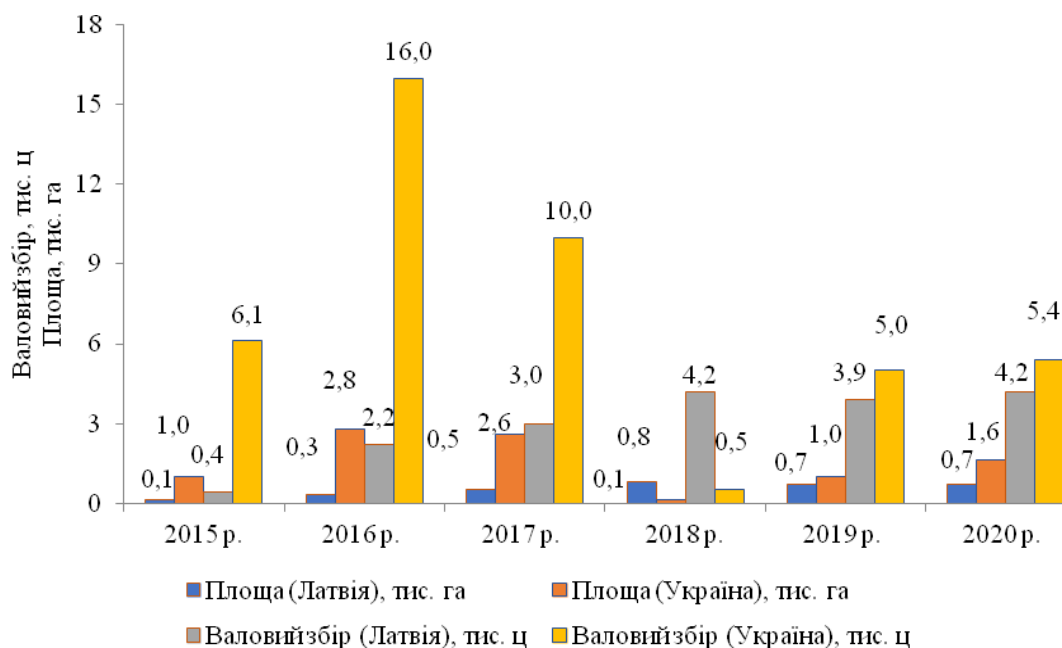


Рисунок 1. Площа посіву конопель та валовий збір насіння в Латвії та Україні
Джерело: побудовано авторами за даними [19, 20]

Загалом за проаналізований період (2015-2020 рр.) площа посіву конопель на насіння збільшилася в Україні на 60% (табл. 1).

Таблиця 1. Виробництво конопель на насіння в Латвії та Україні

Показники	Країна	Середнє за 2015-2020 рр.	2020 р. у % до 2015 р.
Площа, тис. га	Латвія	0,5	600,0
	Україна	1,5	60,0
Валовий збір, тис. ц	Латвія	3,0	950,0
	Україна	7,2	-11,5
Урожайність, ц/га	Латвія	4,7	42,9
	Україна	5,3	-41,7

Джерело: розраховано авторами за даними [19, 20]

Деяко інша ситуація притаманна виробництву конопель у Латвії. За період з 2015 р. по 2020 р. збільшувалися площі (від 0,1 до 0,8 тис. га) під цю культуру на насінневі цілі (див. рис.1), а отже і зростав валовий збір насіння біоенергетичної культури.

Слід зазначити, що латвійським урядом виробникам конопель надаються субсидії. Щоб отримати виплати у Латвії, можна вирощувати сорти, зазначені в Каталозі сортів ЄС: «Beniko», «Bialobrzeskіe», «Epsilon 68», «Fedora 17», «Felina 32», «Futura 75», «Kompolti», «Kompolti hibrid TC», «Santhica 23», «Santhica 27», «Santhica 70», «Uso31» та ін.

Урожайність насіння теж зазнавала істотних змін і в середньому для України коливалася в межах 3,5 ц/га (за досить посушливих умов 2020 р.) – 7,5 ц/га в сприятливому за опадами та температурним режимом 2018 р. (рис. 2).

Деяко меншим відзначено цей показник для господарств Латвії. Амплітуда його коливання

встановлена за досліджуваний період від 1,4 у 2016 р. до 6,1 ц/га у 2017 р.

У середньому за 2015-2020 рр. кожний зібраний гектар конопель формував урожайність в Латвії 4,7 ц, а в Україні – 5,3 ц насіння. Різницю в 0,6 ц/га (12,8%) можна пояснити різними типами ґрунту, недостатньою кількістю тепла в Латвії, хоча там і випадає значно більше опадів, ніж в Україні. Всі ці фактори забезпечують належний ріст і розвиток рослин конопель.

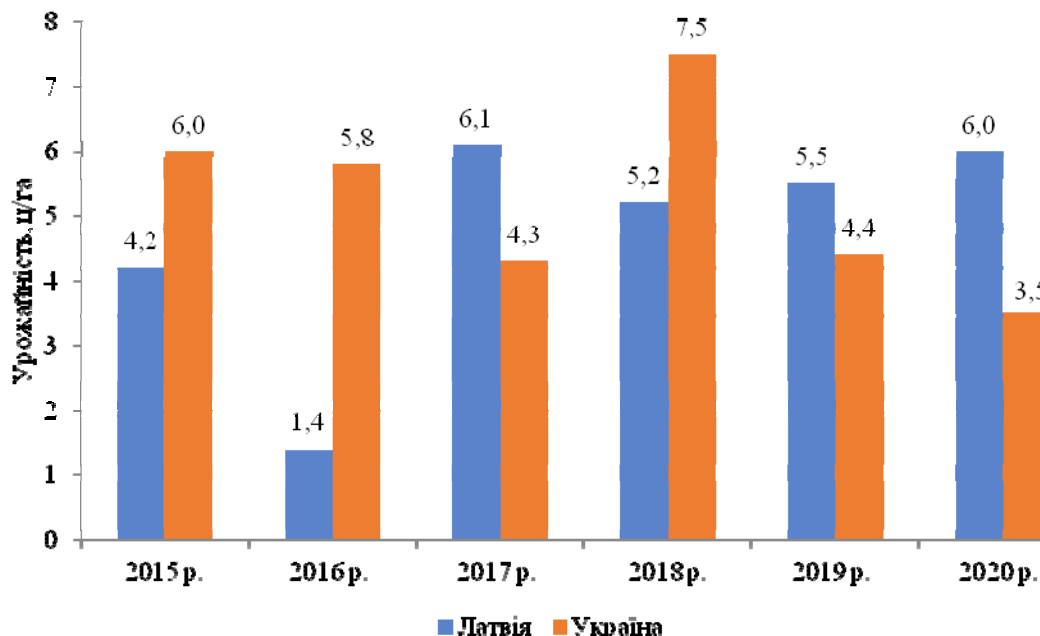


Рисунок 2. Урожайність насіння конопель в Латвії та Україні

Джерело: побудовано авторами на основі даних [19, 20]

За умов сьогодення посіви конопель в Україні та Латвії почали розширювати, до того ж стали виробляти лікарські засоби для лікування різних хвороб [10, 11].

В агрокліматичних умовах Латвії коноплі не можна вирощувати для виробництва наркотичних продуктів, оскільки дельта-9-тетрагідроканнабінол (ТГК) становить лише кілька десятих відсотка в цих рослинах, які культивуються в ЄС, і створено сорти, які взагалі не містять канабіноїдів [16].

Селекціонерами Інституту луб'яних культур НААН України [21] виведено однодомні ненаркотичні сорти коноплі для виробництва насіння в західних регіонах, водночас недостатньо вивчено їх потенціал за різних моделей вирощування. Урожайність між сортами коливається в межах до 25%, залежить від норм висіву за широкорядного способу сівби.

Л. С. Безугла [22] стверджує, що сучасні українці вважають коноплі наркотичною рослиною, хоча з давніх-давен її вирощують в Україні як харчову, кормову та технічну культуру. Насіння конопель призначене для виготовлення цінної олії, а шрот – як продукт годівлі худоби. Конопляне волокно придатне для вироблення екологічного текстилю, костра – як підстилка для тварин, мульча – для прикриття ґрунтового покриву під рослинами та навіть для виготовлення будівельних матеріалів [17, 22, 23].

Відзначено, що існують сорти конопель цільового призначення. Так, сорт Fedora 17 краще використовувати для виробництва насіння, сорт Futura 75 – для отримання волокон. Ці два сорти в окремих країнах можна буде використовувати для виробництва подвійного призначення. До речі, навіть у північній частині Латвії сформовано було насіння у сортів Fedora 17 та Markant. В Італії, Чехії та Франції формувалося від 0,3 до 2,4 Мг/га насіння [24].

У теперішній час целюлозно-паперовою промисловістю споживається майже половина

світового лісового матеріалу. Водночас коноплі формують продукцію для виготовлення паперу майже в чотири рази більшу, ніж деревина. До того ж, ця культура пристосована до більшості кліматичних зон. Тривалість зберігання паперу з конопель сягає 1500 р. Для Європи та США необхідно виготовляти щорічно 6 млн т целюлози з довгого волокна. Для цього варто відводити до 1 млн га площ під коноплі [4, 25].

Коноплі є цінною сировиною в паперовій промисловості [8, 16, 26], теплоізоляційних матеріалів у будівництві.

Конопляна стружка є відходами, які можна використовувати у виробництві ДСП для будівельної промисловості, оскільки міцність виробленої плити на вигин досягає 2,4 МПа для більш грубої групи частинок з коефіцієнтом теплоізоляції $0,057 \pm 0,002$ Вт/(мК) [25].

В. М. Дурач та Л. Г. Ніколайчук [4, 27] традиційним і найбільш перспективним для України вважають текстильний напрям, який зосереджено на виробництві текстильної продукції, одягу, взуття і т. п. пожежникам, нафтовикам, воїнам ЗСУ та військовим різних формувань.

Конопляне волокно виявилось міцним і стало в пригоді для виготовлення одягу, вітрил і паперу. Встановлено, що перші примірники Біблії були написані на конопляному папері. Конопляну олію повсюдно вживали в харчуванні та косметиці, екстракти конопель застосовували для лікування різних захворювань [7-9].

Конопляна олія має широкий спектр застосування: від продуктів харчування до косметики, екстракти конопель також використовують для лікування багатьох хвороб. Вміст олії в насінні коноплі може перевищувати 35 %. Її можна використовувати як біодизельне паливо та для виробництва інших промислових продуктів (таких як пластмаси).

Побічні продукти виробництва олії є цінним кормом для тварин, а також добривом. Листя рослин залишаються на місці як джерело азоту в ґрунті. Після збирання коноплі її переробляють у текстильній промисловості, а деревину, що залишилася, використовують як сировину для біомаси для виробництва целюлози, тобто відбувається повне використання конопель.

З конопель можна отримати екологічно чисті будівельні матеріали з низькою щільністю, які забезпечують високу міцність на розтяг і стиск, а також хороші тепло- і звукоізоляційні властивості [6, 28].

Найбільшу теплотворну здатність (18,29 МДж/кг) виявила конопляна солома, порівняно з іншими джерелами тепла [29].

Коноплі – рентабельна культура з широким спектром використання в Латвії та інших країнах (рис. 3).

Конопляні брикети характеризуються швидшою втратою маси при згорянні в порівнянні з поширеними брикетами з деревної тріски. Це пояснюється тим, що в брикетах з коноплі кількість теплової енергії виділяється набагато швидше. Вимірювання брикетів, виготовлених із конопляної стружки, показало значну теплоту згорання (приблизно 18000 кДж/кг (для деревини 17000 кДж/кг)). Загальна кількість теплоти на одиницю площі суміші сапропелю та конопляної стружки становить 48 МДж/м², але ефективна кількість згорання складає 13 МДж/кг [30].

Отже, більше тепла потребуватиме менше палива. Це важливо для вибору типу палива, що підходить для кліматичних умов Латвії, де метеорологічна тривалість зими складає близько 80 днів, коли температура може бути нижче -30° С.

Кілька досліджень показали, що рослини з широким спектром використання мають більші перспективи і, отже, нижчу вартість [8, 31, 32], що вкотре доводить економічну життєздатність вирощування конопель. 1 га коноплі поглинає приблизно 2,5 тони CO², що значно зменшує парниковий ефект [8, 16]. Коноплі також придатні для виробництва біопалива та біогазу в Латвії, оскільки їх продуктивність є відносно хорошою, тому це також економічно вигідно.

Урожайність стебел технічної коноплі залежить від сорту, внесених добрив, а також ряду

інших факторів. У Латвії продуктивні такі сорти конопель: «Bialobrzeskie», «Epsilon 68» і «Futura 75» із середньою врожайністю сухої маси 14 т/га [33].

Встановлено, що вегетаційний період конопель у Латвії триває від 110 до 140 днів залежно від сорту. Для волокнистих конопель урожайність сухої речовини стебла коливається в межах 6,5 – 11,0 т/га, урожайність насіння – 0,7 – 1,4 т/га.

Варто відмітити, що на якість вирощеної конопляної продукції вагомий вплив мають погодні умови. Досліджувана культура використовується для збільшення кількості палива та покращення його енергетичних властивостей.



Рисунок 3. Варіанти використання конопель *Cannabis sativa* L. (L. Poiša)

Збільшення норми внесення азотних добрив мало різний вплив на коноплі «Pūģiņi» і «Bialobrzeskie» (табл. 2). «Pūģiņi» був більш чутливим, що пояснюється відмінностями у розвитку конопель цього сорту. У коноплі з початком цвітіння інтенсивність росту зменшується. Середня врожайність сухого стебла конопель для місцевого сорту конопель «Pūģiņi» була вищою при використанні дози азотних добрив N₁₀₀ – 9,94 т/га, але нижчою –

N_0 – 5,94 т/га. Подібна тенденція спостерігалася для сорту конопель «Bialobrzeskie» – вище N_{100} – 13,70 т/га, нижче – N_0 – 9,80 т/га.

Азотні мінеральні добрива сприяють збільшенню розмірів рослинних клітин, а також збільшенню вмісту в них води, збільшуючи валову масу.

Показником ефективності внесення азотних добрив є високий вихід валової продукції.

Таблиця 2. Середня урожайність конопель залежно від доз добрив

Частина рослини	Сорт	Норми/دوزи добрив		
		N_0	N_{60}	N_{100}
Суша речовина	Pūriņi	5,91	8,18	9,94
	Bialobrzeskie	12,01	14,6	16,12
	Середнє	8,96	11,39	13,03
	Pūriņi	RS _{0.05 A} = 0.698; RS _{0.05 B} = 0.698; RS _{0.05 AB} = 1.209		
	Bialobrzeskie	RS _{0.05 A} = 0.898; RS _{0.05 B} = 1.101; RS _{0.05 AB} = 1.556		
Шива (костра)	Pūriņi	4,46	6,43	7,61
	Bialobrzeskie	7,81	8,87	9,91
	Середнє	6,13	7,65	8,76
	Pūriņi	RS _{0.05 A} = 0.54; RS _{0.05 B} = 0.54; RS _{0.05 AB} = 0.94		
	Bialobrzeskie	RS _{0.05 A} = 0.64; RS _{0.05 B} = 0.78; RS _{0.05 AB} = 1.11		

RS_{0.05 A} – factor – growing year at the significant level 95%

RS_{0.05 B} - factor – fertilizers norms/doses at the significant level 95%

RS_{0.05 AB} - factors interaction at the significant level 95%

Сформуванати велику кількість біомаси і належного рівня збір насіння може сорт конопель Futura, який є пізнім однодомним [34]. Вчені Афіньського сільського університету [35] прийшли до висновку, що внесення під коноплі технічні підвищеної дози азоту, до 240 кг/га, забезпечує більший вихід біомаси, сухої маси стебла та маси суцвіття на 37,3 %, 48,2 % та 16 % відповідно, якщо за контроль прийнято неудобрений фон. Відзначено при цьому збільшення лінійного росту рослин у висоту та довжину суцвіття (від 1,66 до 1,76 м та від 66,2 до 82,9 см відповідно). Середня маса насіння була майже однаковою за всіх досліджуваних доз азотного добрива. Найкращі показники росту і розвитку рослин притаманні сортам Tugra та Futura 75.

Визначено [36], що на збір конопляного волокна та його якість істотно впливають норми висіву насіння та забезпечення рослин основними макроелементами. Встановлено, що для отримання врожайності конопель, яким буде притаманне якісне волокно (більше 2200 кг/га), треба висаджувати їх з нормою висіву, яка забезпечить густоту від 329 росл./га. Азот варто застосувати в дозах 251-273 кг/га, фосфор – 85-95 кг/га та калій - 212–238 кг/га.

Загальновідомо, що найважливішими кліматичними факторами, які значною мірою впливають на продуктивність рослин, є надходження вологи, тепла, фотосинтетично активного випромінювання (ФАР), вуглекислого газу. В. М. Кабанець [37] на основі проведених досліджень в Україні зробив висновок, що оптимальною є густота стеблостою конопель 1,65 млн шт./га. За такої густоти виявлено найменший притік енергії ФАР, яка вкрай необхідна для повноцінної генеративної продуктивності бур'янового компоненту агрофіоценозу другої хвилі. На основі кореляційного аналізу встановлено що рівень урожайності насіння та стебел *Cannabis sativa* L. істотно залежить від наявності в ґрунті рухомого фосфору і дещо менше від калію. За умов органічного землеробства така залежність не прослідковується [38].

Правильний підбір попередників є одним із найважливіших факторів не лише в органічному землеробстві, але й для зменшення поширення хвороб і шкідників, а також одним із факторів забезпечення високої продуктивності за належної якості.

Зазначається, що для конопель підходить практично будь-яка попередня рослина, головне, щоб перед цим було внесено достатню кількість органічних добрив [39], або, на думку інших вчених [40], коноплі можна вирощувати після будь-якої рослини без добрив і без боротьби з бур'янами.

Хімічне прополювання конопель гербіцидом Тарга Супер зменшує забур'яненість посіву і підвищує врожайність стебел. Поліпшенню цього показника (на 2,1-2,6 ц/га) сприяє такий захід, як позакореневе підживлення рослин мікродобривом Еколист універсальний на фоні основного внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}$. Для збирання насіння конопель (з вологістю 14-24%) краще зарекомендував себе комбайн марки «Case» порівняно з комбайном «ПАЛЕССЕ» [5].

Усі рослини потребують поживних речовин. Висока потреба конопель в макроелементах – азоті, фосфорі та калії; додаткові поживні речовини – сірка, кальцій і магній; мікроелементи – залізо, марганець, цинк, хлор, бор, мідь і нікель. Доступність поживних речовин для рослин залежить від якості ґрунту, добрив і погодних умов, тому необхідно забезпечити оптимальні умови вирощування, що можна зробити, дотримуючись відповідної агротехніки.

Азот (N) є основним лімітуючим фактором росту та розвитку рослин у природних і сільськогосподарських екосистемах. Збільшення норми внесення азотних добрив у полі також підвищує продуктивність рослин [41]. Азот може сприятливо впливати на врожай і його якість, лише якщо він використовується для удобрення культур у збалансованому режимі з рештою поживних речовин, враховуючи біологічні особливості культури та характеристики ґрунту. Наявність поживних речовин у рослині та якість отриманої продукції залежать від добрив, які також суттєво впливають на склад золи.

Водночас, згідно з висновком вчених [42], збільшення густоти стояння рослин з 30 до 120 шт./м² підвищувало врожайність стебел на 29 %, а внесення азоту від 0 до 60 кг/га д.р. – на 32 %. Азотні добрива не впливали істотно на насінневу продуктивність конопель.

Досліджувані рослини мають довге коріння, до 2,5 м, що зменшує ерозію ґрунту. Рослина використовується для підвищення продуктивності наступної культури в циклі сівозміни в межах 10-15 %, для відновлення родючості непродуктивного ґрунту на сільськогосподарські цілі та для покращення різноманітності в сільському господарстві ЄС.

Конопляне насіння досі використовується в національних стравах Латвії різними способами [43, 44].

Коренева система конопель сприяє поліпшенню продуктивності ґрунту. Це може свідчити про те, що добре оброблені ґрунти та відповідні агротехнічні заходи позитивно впливають на продуктивність цих рослин. Доведено [44], що накопичення і трансформація свіжих органічних речовин, утворених рослинними рештками конопель, залежать від технологічних заходів в органічному землеробстві. Вони допомагають мікроорганізмам ґрунту перенести стресові навантаження від впливу мінеральних добрив і пестицидів.

Метеорологічні умови Латвії є сприятливими як для раннього, так і для пізнього посіву конопель.

Величина дози азотних добрив впливає на такі енергетичні параметри як зольність і найвища теплотворна здатність. Для сорту конопель «Bialobrzeskіe» виявлено істотний вплив на теплотворну здатність (QA) дози азотних добрив ($\eta = 23,1\%$) і частин стебла ($\eta = 33,2\%$) та взаємодія між частинами стебла та дозою цих добрив ($\eta = 17,2\%$). На теплотворну здатність (QA) місцевого сорту конопель «Pūriņi» суттєво вплинули агрометеорологічні умови дослідного року (A), доза азотних добрив (C) і частини стебла, але найбільший вплив на (QA) мала взаємодія між факторами A і C ($\eta = 46,6\%$) (табл. 3).

У дослідженні відзначено істотний ($P < 0,05$) пропорційний вплив частини стебла – для «Bialobrzeskіe» – 33,2% і «Pūriņi» – 12,0 %. Отже, щоб досягти більшої теплотворної здатності, важливо оцінити, чи раціонально використовувати все стебло, чи лише щепу як паливо.

Польські вчені [45] дослідили конопляну біомасу на предмет використання її як енергетичної культури. Фізико-хімічні властивості цієї рослини, проявлені в процесі спалювання соломи та брикетів в малопотужних котлах, відповідали діючим стандартам. Проте було зафіксовано при цьому надто великі викиди, що, враховуючи діючі норми, не дозволяє використовувати цю продукцію в приладах для опалювання, де подача повітря йде під колосники.

Таблиця 3. Частка впливу факторів * на якісні показники насіння конопель у Латвії, η, %

Фактори	Сорти конопель				Конопля
	«Pūriņi»		«Bialobrzskie»		
	A	Q _h	A	Q _h	Суша речовина
Рік дослідження (A)	72	15	18	ns	1,09
Рослинний компонент (B) / сорт (B)	3	12	36	33	66,09
N добриво (C)	19	18	5	23	23,01
Взаємодія (A × B)	0	0	26	10	4,09
Взаємодія (A × C)	3	47	11	ns	ns
Взаємодія (B × C)	1	4	1	17	ns
Взаємодія (A × B × C)	1	3	2	ns	ns
Невивчені фактори	ns	1	0	12	ns

* вплив досліджуваних факторів достовірний на 95% рівні значущості ($F_{\text{факт}} > F_{0,05}$)

ns – вплив досліджуваних факторів є незначним на 95% рівні довіри ($F_{\text{факт}} < F_{0,05}$)

A – зольність

Q_h – найвища теплотворна здатність

Позитивний вплив азоту на ріст конопель проявляється з фази 3 пар листків, до цього часу коноплі потребують лише достатньої кількості азоту. Фактори (генотип і норма висіву) суттєво вплинули на врожай надземної біомаси конопель, а також на теплотворну здатність на га [33].

Вчені [15] запевняють, що в системі удобрення конопель необхідно використовувати фосфорно-калійні добрива, які забезпечать значне зниження надходження радіонуклідів у рослину, а потім з неї у продукцію.

Склад золи біомаси залежить від виду та частини рослини, наприклад, стовбур, кора, хвоя мають різний склад золи. Конопляна солома має нижчий вміст золи, ніж трави, що важливо для використання твердого рослинного біопалива в автоматичних печах. Тому слід зазначити, що види мають деякі характерні для сорту якості, на які не впливають суттєво метеорологічні умови даного періоду вегетації, але на нього впливає взаємодія різних факторів (норма добрив, сорт, метеорологічні умови, частини рослин) [9, 23, 46].

Аграрії Латвії зацікавлені у вирощуванні таких культур як коноплі та їх сортів, а також у застосуванні технологій, які потребують менших витрат енергоресурсів. Низьке споживання останніх значною мірою визначає нижчу собівартість продукції та більший дохід власника.

З професійно-компетентною рішучістю землероб повинен досягти того, щоб кількість попередньо накопиченої (первинної) енергії та енергії, яка використовується у виробничому процесі на кожному етапі вирощування, була якомога меншою, а маса накопиченої сонячної енергії (сформованої біомаси) – якомога більшою.

Висновки. Насіння коноплі має широкий спектр використання, включаючи виробництво гранул, пелет, брикетів тощо. Для виробництва твердого відновлюваного біопалива з посівних конопель варто задіяти і їх надлишки, що дозволить зміцнювати галузь коноплярства в Латвії та Україні як однієї зі складових енергонезалежності країн. Для отримання більшої кількості біопалива, сформованого досліджуваною культурою, необхідно підвищення рівня інтенсифікації виробництва, що позитивно впливатиме як на

урожайність, так і на якість продукції.

На продуктивність посівів конопель істотно впливає внесення азотних добрив. Середня сформована врожайність сухого стебла конопель для місцевого сорту «Pūriņi» зафіксована вищою за використання дози азотних добрив N_{100} – 9,94 т/га, але на 40,2 % меншою на неудобреному посіві (N_0 – 5,94 т/га), сорту конопель «Bialobrzeskіe»: вище за N_{100} – 13,70 т/га, нижче – N_0 – 9,80 т/га (або на 47,8 % менше). Відмічено істотний ($P < 0,05$) пропорційний вплив частки стебла – для «Bialobrzeskіe» – 33,2 % і «Pūriņi» – 12,0 %.

Перевага використання отриманої з біомаси енергії полягає в тому, що вона є відновлюваною та зменшує залежність Латвії від імпортованих енергетичних ресурсів. Це відповідає Керівним принципам розвитку енергетики. Загалом, вирощування конопель для виробництва біопалива в Латвії є бажаним як з точки зору агрокліматичних умов, так і економічної рентабельності.

Обсяги виробництва конопель в Україні обмежені, хоча погодно-кліматичні умови є сприятливими для нарощування її валових зборів.

Продуктивність конопель, як в Латвії, так і в Україні істотно залежить від агротехнічних факторів, зокрема від сорту і дози добрив, бо ці складові технології найбільше впливають на рівень врожайності та якісні показники насіння для виробництва твердого біопалива. Існують дослідження щодо факторів, які впливають на кількість волокна конопель, але недостатньо уваги приділено сортам, які дуже швидко ростуть, мають високу здатність накопичувати багато соломи та мало містять золи. На вирішення цих питань направлена наша подальша наукова робота.

References

1. Bogdanova, O.F., Tikhosova, A.O., Olifiruk, V.V., & Zabrodina, O.S. (2019). Economic substantiation of the expediency of using non-narcotic hemp in various spheres of functional purpose. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, 269(1), 91-95. doi: 10.31891/2307-5732-2019-269-1-91-95.
2. Primakov, O.A., & Marynchenko, I.O. (2019). Fuel from technical hemp; advantages and features of production. Retrieved from <http://ibc-naas.com/wp-content/uploads/2019/06/Primakov.pdf>.
3. Primakov, O.A. (2018). Modern hemp cultivation: features, efficiency, prospects. *Agroelite*, 71, 64-69.
4. Durach, V.M., & Nikolaichuk, L.G. (2020). Problems and prospects of the production and use of drug-free hemp for special purpose textile materials in Ukraine. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, 289(5), 249-252. doi: 10.31891/2307-5732-2020-289-5-249-252.
5. Kabanets, V.M., Gilyazetdinov, R.N., & Zhuplatova, L.M. *Scientific and technical program of the National Academy of Sciences of Ukraine "Grape crops": Main results of 2009*. Retrieved from http://ibc-naas.com/wp-content/uploads/2019/06/Kabanets_.pdf.
6. Rehman, M., Fahad, S., Du, G., Cheng, X., Yang, Y., Tang, K., Liu, L., Liu, F., & Deng G. (2021). Evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an industrial crop: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 52832-52843. doi: 10.1007/s11356-021-16264-5.
7. Nikolaychuk, L.G. (2018). Modern range of products from technical hemp. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, 3, 130–134.
8. Kolodziej, J., Wladyka-Przybylak, M., Mankowski, J., Grabowska, L. (2012). Heat of combustion of hemp and briquettes made of hemp shives. In: Rivža P. (Ed.) *Renewable Energy and Energy Efficiency: Proceedings of the International Scientific Conference*. (pp. 163 – 166). Jelgava.
9. Poisa, L., Bumane, S., Cubars, E., & Antipova, L. (2016). Hemp Quality Parameters for Bioenergy-Impact of Nitrogen Fertilization. In: *Engineering for Rural Development. Proceedings of the 11th International Scientific Conference*. (pp. 928–933). Jelgava.
10. Sholoyko, N.V., Popov, V.I., & Lysenko, T.I. (2019). The current state and prospects of the use of hemp in medicine and pharmacy. *Phytotherapy. Magazine*, 1, 44-51. doi: 10.33617/2522-

9680-2019-1-44.

11. Pylypchenko, A.V. (2018). The results of testing organic industrial hemp at the “Institute of Organic Agriculture” LLC. *KHNAU Bulletin. Series “Plant production, selection and seed production, fruit growing and storage”*, 2, 162-170.
12. Pigozne, I. (2020). *Krāsas un to nozīme Baltu 3.-13.gadsimta apģērbā (Colours and their meanings in 3rd-13th century Baltic dress)*. Latvijas Nacionālais kultūras centrs, 293.
13. Gurtova, K.M., & Kasyanenko, V.D. (2021). Problems of “medicalization” of marijuana in Ukraine. *Gathering of science works Kharkiv National University of Internal Affairs: 20 years of national status*, 385-390. Retrieved from http://dspace.univd.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/11046/Problemy%20medykalizatsii_Hurtova_Kasianenko_2021.pdf?sequence=1&isAllowed.
14. Marchenko, Zh.Yu. (2015). Directions of use of hemp products in the world. Pod and technical crops: coll. of science Sumy Avenue: *VD “Hellada”*. 9(4). P. 159–166.
15. Kovalev, V.B., Derebon, I.Yu., & Feshchenko, V.P. (2018). Cultivation of bast crops on radioactively contaminated soils. *Scientific horizons*, 70(7-8), 15-21. Retrieved from [https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/%E2%84%967-8\(70\)_15-21.pdf](https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/%E2%84%967-8(70)_15-21.pdf).
16. Stramkale, V., Kirse, A., Ievinsh, G., Kroica, I., & Vikmane, M. (2021). Effect of Vermicompost Doses on Cannabis Sativa Photosynthesis-Related Parameters, Growth and Yield. In: *Environment. Technology. Resource. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference*. (pp. 237-243). Rezekne Technology Academy.
17. Kovalenko, O.A., & Kovalenko, A.M. (2019). *Water consumption of hemp crops depending on growing conditions in the Southern Steppe of Ukraine*. Retrieved from <http://ibc-naas.com/wp-content/uploads/2019/06/Kovalenko.pdf>.
18. Mishchenko S.V. (2018). Efficiency of reproduction of Cannabis sativa L. from seeds with low germination and viability in vitro. *Taurian Scientific Bulletin*, 2(100), 3-8. Retrieved from http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_2/100-2_2018.pdf.
19. Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops by their types in Ukraine. (n.d.). <https://ukrstat.gov.ua/>.
20. Areas, gross harvests and yields of agricultural crops by their species in Latvia. (n.d.) https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START_NOZ_LA_LAG/LAG020.
21. Horash, O., Klymyshena, R., & Suchek, V. (2022). Yield of marketable seeds of technical hemp depending on the impact of sowing rates and variety. *Scientific Horizons*, 25(1), 51-59.
22. Bezugla, L.S. (2021). Economic aspect of territorial production of amaranth, hemp and sorghum in Ukraine. *Economy and society*, 25, 2021. doi: 10.32782/2524-0072/2021-25-79.
23. Suchek V.M. (2022). Dependence of the individual productivity of technical hemp plants on the rate of seed sowing and variety under the wide-row sowing method. *Herald of Agrarian Science*. 831(6), 72-80. doi: 10.31073/agrovisnyk202206-09.
24. Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Thouminot, C., Bjelkova, M., Stramkale, V., & Amaducci, S. (2016). Comparing hemp (Cannabis sativa L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products*, 87, 33-44. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.04.026.
25. Zvirgdzs, K., Kirilovs, E., Kukle, S., & Gross, U. (2022). Production of particleboard using various particle size hemp shives as filler. *Materials*, 15(3). Article number 886. doi: 10.3390/ma15030996.
26. Boyko, G.A., Tikhosova, G.A., & Kutasov, A.V. (2019). Economic efficiency of obtaining cellulose-containing products from industrial hemp by different methods of harvesting stems. *Commodity Bulletin*, 12. doi: 10.36910/6775-2310-5283-2019-12-07.
27. Durach, V.M., & Nikolaychuk, L.G. (2020). Legal issues of production and use of technical hemp for textile materials of special purpose in Ukraine “*Science*”. 58(2), 1, 149–154.
28. Kakitis, A., Berzins, R., & Berzins, U. (2016). Cutting energy assessment of hemp straw. *15th International scientific conference “Engineering for rural development”: proceedings*, (p. 1255-1259). Jelgava: Latvia University of Agriculture.

29. Kakitis, A., Nulle, I., Ozollapins, M., & Kjakste, J. (2015). Assessment of combustion parameters of biomass mixtures. *14th International scientific conference "Engineering for rural development": proceedings*. (pp.133-139). Jelgava: Latvia University of Agriculture.
30. Pleiksnis, S., Skujans, J., Visockis, E., Pulkis, K. (2016). Increasing Fire Proofness of Sapropele and Hemp Shive Insulation Material. *15th International scientific conference "Engineering for rural development": proceedings*, (pp. 403-408). Jelgava: Latvia University of Agriculture.
31. Adesina, I., Bhowmik, A., Sharma, H., & Shahbazi, A. (2020). A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. *Agriculture*, 10(4), 129. doi: 10.3390/agriculture10040129.
32. Cubars, E., & Poisa, L. (2019). Analysis of composite biomass fuels properties. In: *Vide. Tehnoloģija. Resursi. XII starptautiskās zinātniski praktiskās konferences raksti*. (pp. 39-43). Rēzekne: Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija.
33. Ivanovs, S., Adamovics, A., & Rucins, A. (2015). Investigation of the technological spring harvesting variants of the industrial hemp stalk mass. *Agronomy Research*, 13(1), 73-82.
34. Ferfuaia, C., Zuliani, F., Danuso, F., Piani, B., Cattivello, C., Dorigo, G., & Baldini, M. (2021). Performance and stability of different monoecious hemp Cultivars in a multi-environments trial in North-Eastern Italy. *Agronomy*, 11(7). Article number 1424. doi: 10.3390/agronomy11071424.
35. Papastylianou, P., Kakabouki, I., & Travlos, I. (2018). Effect of nitrogen fertilization on growth and yield of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1), 197-201. doi: 10.15835/nbha46110862.
36. Deng, G., Du, G., Yang, Y., Bao, Y., & Liu, F. (2019). Planting density and fertilization evidently influence the fiber yield of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Agronomy*, 9. Article number 368. doi: 10.3390/agronomy9070368.
37. Kabanets, V.M. (2020). The influence of light flow parameters on the formation of repeated weeding of seed hemp. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and biology"*, 39(1), 31-41. doi: 10.32845/agrobio.2020.1.5.
38. Piskovy M.B., Magda M.A., Pylypchenko A.V., & Sytnyk V.P. (2017). The influence of hemp growing technologies on the nutrient status of the soil. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 1-2. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2017/01/05.pdf>.
39. Melngalvis, I., Ausmane, M., & Ruža, A. (2012). Augsnes apstrādes minimalizācijas ietekme uz kultūraugu sējumu nezāļainību (Effects of soil tillage minimization on weediness of crops). In: *Zinātne Latvijas lauksaimniecības nākotnei: pārtika, lopbarība, šķiedra un enerģija: LLU Lauksaimniecības fakultātes, Latvijas Agronomu biedrības un Latvijas Lauksaimniecības un meža zinātņu akadēmijas organizētās zinātniski praktiskās konferences raksti*. (pp. 144-148). Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
40. Scordia, D., Papazoglou, E.G., Kotoula, D., Sanz, M., Ciria, C.S., Perez, J., Maliarenko, O., Prisyazhniuk, O., von Cossel, M., Greiner, B.E., Lazdina, D., Makovskis, K., Lamy, I., Ciadamidaro, L., Petit-dit-Grezeriat, L., Corinzia, S.A., Fernando, A.L., Alexopoulou, E., & Cosentino S.L. (2022). Towards identifying industrial crop types and associated agronomies to improve biomass production from marginal lands in Europe. *GCB Bioenergy*, 14, 710–734. doi: 10.1111/gcbb.12935.
41. Adamovics, A., & Poiša, L., (2017). Evaluation of chemical content in different energy crops. In: *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017*, (pp. 199-202). doi: 10.15544/RD.2017.143/.
42. Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Calzolari, D., Musio, S., Thouminot, C., Bjelkova, M., Stramkale, V., Magagnini, G., & Amaducci, S. (2017). A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, 107, 427-438. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.06.033.
43. Adamovics, A., Ivanovs, S., & Bugakov, V. (2017). Investigations about the impact of the sowing time and rate of the biomass yield and quality of industrial. *Agronomy Research*, 15(4),

1455-1462. doi: 10.15159/AR.17.002.

44. Bernāte, I., & Sabovics, M. (2021). Research on germinated wheat grain, broccoli, alfafa, radish and hemp seeds microbiological safety. *Reserach for Rural Development 2021: annual 27th International scientific conference proeceedings*. (pp. 90-95). Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies.

45. Kraszkievicz, A., Kachel, M., Parafiniuk, S., Zajac, G., Niedziółka, I., & Sprawka, M. (2019). Assessment of the possibility of using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: A case study. *Applied Sciences*, 9(20). Article number 4437. doi: 10.3390/app9204437.

46. Jankauskiene, Z., Gruzdeviene, E, Ivanovs S., & Maumevicius, E. (2017). Screening Hemp (*Cannabis Sativa* L.) Biomass and Chemical Composition as Influenced by Seed Rate and Genotype. *16th International scientific conference "Engineering for rural development": proceedings*. (pp. 317-322). Jelgava: Latvian Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Latvia University of Agriculture.