

УДК 633.522

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251126

Розроблення технологій збирання врожаю конопель стрічковими накопичувачами

В. О. Шейченко, В. В. Шевчук, І. А. Дудніков, С. П. Коропченко, В. І. Днесь, Ю. Б. Скоряк, В. І. Скібчик

Розроблено систему технологій збирання врожаю конопель стрічковими накопичувачами. Запропоновано формувати валок скошених стебел конопель на стрічку і волочити її до краю поля для подальшого перероблення стебел. Завдяки цьому уможливується суттєве підвищення ефективності механізованих процесів збирання і перероблення усього біологічного врожаю конопель. Рівень керованості системами виробництва конопель підвищено. Одночасно покращено управління процесом валкоутворення стрічки стебел коноплі.

Удосконалено технологію збирання конопель з можливістю отримання сировини для довгого волокна і лікувальних препаратів. Двофазне збирання (на насіння і волокно) запропоновано реалізовувати із використанням стрічкових накопичувачів стаціонарними (напівстаціонарними) комплексами.

Системно обґрунтовано можливість приготування трести обчесаних стебел коноплі методом розстелення на матеріали різного виду.

Досліджено вплив товщини шару стебел конопель, розстелених для приготування трести, на терміни її приготування та показники якості волокна.

Встановлено, що за показниками якості виробленого волокна треста всіх дослідів вилежана, ефективність її переробки для середньо – та крупностеблової фракції – висока.

Вироблене волокно у всіх дослідях характеризувалося чистотою, високими показниками розривного навантаження та жменьовою довжиною.

За значенням лінійної щільності волокно у всіх варіантах досліджень перевищувало нормативне у 1,65–2,64 рази, що обумовило віднести його до нестандартного.

Встановлено зростання значень показників якості за відповідного змінення від 1 до 3 кг/м.п. товщини шару обчесаних стебел коноплі. Розривне навантаження, за таких умов, збільшилося на 16,6 %, лінійна щільність на 20 %, вміст костриці на 60 %, вміст лати на 12,5 %, вміст ликоподібних пасм на 10,8 %.

Ключові слова: технічна конопля, стрічкова технологія збирання, сланцева треста, якість трести.

1. Вступ

Коноплярство відносять до галузі, що динамічно розвивається. Комерційна привабливість технічної коноплі, суспільний запит на товари і продукцію із неї, висувають підвищені вимоги до прийомів і способів, які уможливляють достатню глибину обробітку усіх складових врожаю культури.

Сучасний розвиток коноплярства характеризується певними особливостями. Завдяки досягненням селекційної науки створено сорти нового покоління різних напрямків використання та сортові технології їх вирощування. Зазначені нові сорти культури здатні формувати врожай насіння на рівні 15–20 ц/га, проти 8–12 ц/га, що спостерігається на даний час [1].

Промислові коноплі відносять до перспективної технічної культури, що володіє значним резервом до кінця не реалізованих можливостей. Завдяки споживчим властивостям коноплі галузі її використання охоплюють широкий спектр, серед яких харчова, будівельна, автомобільна, біоенергетична, текстильна, целюлозо-паперова, фармацевтична, медична та інші галузі виробництва. Сучасний світовий ринок налічує понад 25 тисяч товарів з конопляної сировини [2].

Відмітимо підвищену інвестиційну привабливість коноплярства. Галузь швидко і динамічно розвивається. Аналіз загальносвітового ринку попиту на продукцію із коноплі свідчить про перспективність та економічну привабливість особливо медичного напрямку. Протягом 2018–2020 р.р. європейський ринок використання конопляної рослини на медичні, фармацевтичні та терапевтичні цілі суттєво збільшився. Не дивно, що за цей період інвестовано в ринок медичних конопель понад 1 млрд.євро.

Стебло коноплі – найбільш цінна частина рослини. Воно містить кору (луб), в якій формується волокно. Зовні кора вкрита епідермісом, а з внутрішнього боку обмежена камбієм і деревиною, в середині якої розміщена серцевина. У корі формуються первинні та вторинні луб'яні волокна. Більш цінним є первинне волокно, оскільки має вищу якість.

Розвиток технологічних процесів виробництва конопель все гостріше потребує нових техніко-технологічних рішень, які б уможливили розв'язання проблеми ефективності подальшої механізації виробництва цієї технічної культури у цілому.

Вищезначені проблеми дуже важливі, їх рішення має велике значення для удосконалення технологій і техніки на етапах збирання, транспортування та первинної переробки усіх складових біологічного врожаю конопель. Завдяки отриманим результатам перспективними виглядають кроки переведення виробництва продукції із конопель на високорентабельні технології, що забезпечить її конкурентоспроможність.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Технічним коноплям характерні два періоди стиглості. Саме тому для їх збирання застосовують два строки – на волокно (зеленець) та насіння і волокно (двобічне використання). Сценарій реалізації технології збирання визначає пріоритети тієї або іншої сировини (солома або треста), з яких у подальшому отримують довге, коротке волокна або волокна у вигляді хаотично розташованої маси. Своєчасне збирання конопель уможливує високу якість продукції і рентабельність коноплярства. Найвищу урожайність насіння, соломи і волокна за двобічного використання уможливує збирання однодомних конопель у період дозрівання 75 % насіння у більшості рослин. Більш раннє збирання недоцільне, оскільки призводить до недобору 18–54 % врожаю насіння, а затримка у збиранні збільшує його втрати до 24–61 % [3]. До недоліків класичних технологій

збирання варто віднести їх вузько спрямовану орієнтацію. За таких умов втрачається певна частина врожаю.

Зеленцеві посіви розпочинають збирати у період досягання 10–50 % насіння, коли завершується формування урожаю та якості волокна.

Класичні технології збирання переважно орієнтувалися на отримання максимальної кількості довгого волокна. За таких умов не можливо було обійтися без використання спеціальної, дорогої коноплезбиральної техніки.

Внаслідок низької продуктивності спеціальних машин, малого обсягу її річного завантаження, необхідністю залучення значного резерву людської праці, класичні технології не знайшли широкого розповсюдження [4].

Збирання конопель двобічного використання у сучасних виробничих умовах здійснюється завдяки застосуванню сільськогосподарської техніки загального призначення з відокремленням основної продукції (насіння і волокниста сировина) у кілька етапів. На першому етапі збирають насіннєву складову врожаю, застосовуючи зернозбиральні комбайни. Перевагу надають комбайнам з більшою висотою піднімання жнивarki та клавiшним типом соломотряса. Під час роботи зернозбирального комбайну контролюють показники травмування насіння. Особливу увагу звертають також на не допущення намотувань соломистої частини врожаю на робочі органи, що обертаються.

Збирання стеблостою конопель здійснюють завдяки сільськогосподарській техніці загального призначення: косарки, граблі, котки, прес-підбирачі, тощо. Технологічні регламенти застосування техніки, послідовність виконання операцій залежать від цілей, що поставлено перед дослідженнями [5]. Проте відмічені технології збирання позбавлені можливості використовувати весь потенціал рослини. Тому ефективність їх не висока.

Первинна переробка конопель складається з двох виробничих циклів: приготування трести і перероблення трести на волокно.

Існуючі методи приготування трести за механізмами руйнування зв'язків між волокнами та тканинами у стеблі розділяють на біологічні, хімічні та фізико-хімічні [6].

Найбільш розповсюджений та поширений спосіб первинної обробки коноплі – виділення волокна із соломи, попередньо перетвореною у тресту шляхом біологічного мочіння.

Найважливішим завданням первинної обробки – найбільш повне виділення волокна із стебел за умов максимальної кількості довгого волокна, яке є найбільш цінним видом продукції для промислового і господарського використання [7].

Мікроорганізми, бактерії та грибки є основними "творцями" біологічного методу руйнування зв'язків між волокном та тканинами у стеблі коноплі. У процесі своєї життєдіяльності спори грибів виробляють речовини (ферменти), які викликають руйнування пектинових речовин і порушують зв'язок між тканинами [8].

Найбільш розповсюдженими способами виготовлення конопляної трести є холодно водяне і тепло водяне мочіння. Приготування конопляної трести шляхом розстилання соломи на стелищах, як це робиться за умов отримання льоно-трести, характеризується погіршенням показників якості волокна із сланцевої трести. Так вихід довгого волокна за сланцевого методу у порівнянні із мочин-

цевим складає 66 %, середній номер довгого 5,2 проти 6,6, короткого 1,7 проти 2,0, номер трести по розробках 0,7 проти 0,9 за мочинцем [9]. Проте цей спосіб внаслідок значних фінансових витрат не отримав належного розповсюдження.

За хімічного способу одержання трести руйнування зв'язків між клітковиною та деревиною у стеблах коноплі досягається завдяки використанню хімічних препаратів. Дія хімічних речовин унеможливорює розкладання пектину та інших речовин на більш прості і, зрештою, їх руйнування [10]. Проте значні фінансові та економічні витрати на реалізацію цього способу приготування трести є стримуючими факторами його широкого розповсюдження.

Реалізація фізико-хімічного методу відбувається внаслідок руйнування зв'язків між волокном та деревиною в процесі термохімічного гідролізу за умов застосування пари та високої температури.

Відмітимо, що кожен із відомих способів приготування трести із стебел конопель характеризується низкою особливостей, володіє перевагами та недоліками. Найбільш розповсюдженим, простим і дешевим методом залишається метод росяного зволоження стебел. Відмічений метод не вимагає залучення додаткових ресурсів, виключає необхідність будівництва очисних споруд, а кількість залучених робітників може бути зменшена до мінімуму [11].

Процес приготування конопляної трести досить повно вивчено і висвітлено у науково-популярній літературі. Проте поза увагою дослідників залишилися питання, які обумовлено впливом на цей процес розвитком сучасних технологічних процесів. В першу чергу до них варто віднести ті, які направлено на енергозбереження, підвищення ефективності усіх ланцюгів (етапів) виробництва і перероблення усього обсягу біологічного врожаю культури [12].

Перспективними виглядають стрічкові технології збирання і транспортування стебел коноплі. Ці технології уможливають:

- створення сприятливих умов управління процесом валкоутворення стрічки стебел коноплі;
- підвищення рівня керованості системами виробництва, завдяки компактному розміщенню врожаю культури на спеціально підготовлених ділянках поля з можливостями поетапного перероблення усіх частин врожаю.

Змінення погодно-кліматичних умов, що спостерігаються на сучасному розвитку сільськогосподарського виробництва, також не варто залишати поза увагою. Без сумніву ці зміни здійснюють значний вплив на технологічне різноманіття сучасного етапу розвитку галузі. На часі проведення комплексних досліджень щодо врахування відміченого чинника та оцінювання його впливу на етапи приготування трести в сучасних природно-кліматичних зонах вирощування коноплі.

3. Мета та задачі досліджень

Метою досліджень є розроблення технологій збирання стебел технічних конопель із застосуванням стрічкових накопичувачів, що уможливить підвищити ефективність виробництва культури.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

– розробити технологічні схеми збирання технічних конопель, завдяки використанню стрічкових накопичувачів;

– встановити вплив покриття (плівка, брезент, бетонна поверхня, асфальт), що використовується для розстилу стебел конопель для приготування трести, на показники якості волокна;

– встановити вплив товщини шару стебел конопель, розстелених для приготування трести, на терміни її приготування та показники якості волокна.

4. Матеріали та методи досліджень

Об'єктом досліджень є технологічні процеси, рослинний матеріал, робочі органи машин і агрегатів для збирання, транспортування та первинної переробки усіх складових біологічного врожаю конопель.

Наукова гіпотеза полягає у тому, що підвищення техніко-технологічного рівня сучасного коноплярства в значній мірі залежить від наукового обґрунтування шляхів управління показниками якості усіх частин біологічного врожаю технічних конопель, що в свою чергу може бути забезпечено завдяки розробленню технологій збирання стебел культури із застосуванням стрічкових накопичувачів.

Досліди проводилися на майданчику для сушіння (підготовки трести), який відповідав наступним вимогам:

- розташований на відкритому рівному місці;
- не мав дерев та кущів.

Програмою експериментальних досліджень було передбачено наступну нумерацію дослідів:

1. Розстил на траві, контроль, стебла конопель обчесані 1 кг/м.п.
3. Розстил на плівку без отворів, стебла обчесані 1 кг/м.п.
8. Розстил на брезент, стебла обчесані 1 кг/м.п.
9. Розстил на плівку білу без отворів, стебла обчесані 2 кг/м.п.
10. Розстил на плівку білу без отворів, стебла обчесані 3 кг/м.п.
12. Розстил на бетоні, стебла обчесані 1 кг/м.п.
13. Розстил на асфальті, стебла обчесані 1 кг/м.п.
14. Стебла обчесані в снопах масою 1 кг в суслонах.

Методикою досліджень передбачено регулярне протягом не більше 7 діб визначення кольору стебел органолептичним методом, кольору стебел за прибором, а також показника відокремлення волокон. За необхідності проводять обертання стебел.

Змінення кольору стебел коноплі визначали органолептично, а для порівняння використовували прибор ОВЛ-1, який спеціально був розроблений для вимірювання кольору стебел льону.

В разі виникнення спірних питань за умов застосування органолептичної оцінки показника ступеня вилежування конопляної трести проводили додаткове визначення інтенсивності відбитого світлового потоку поверхнею, що аналізується. Для цього після встановлення засміченості відбирали дві проби приблизно однакової маси, достатньої для повного покриття підставки приладу для визначення вилежування льону ОВЛ-1 без просвічування її поверхні.

Після вкладання стебел на підставку приладу їх зверху накривають світлозахисним коробом і у відповідності з інструкцією знімають покази зі шкали. Аналізуються верхівкова, окоренкова та середня зони кожної проби. Потім пробу трести перевертають на 180° так, щоб верхня і нижня її поверхні відносно підставки приладу помінялись місцями. Аналогічно знімаються покази інтенсивності відбитого світлового потоку з протилежної сторони. Таким самим чином аналізується і друга проба. Визначається середнє значення показника інтенсивності відбитого світлового потоку з 12 вимірювань до першого десяткового знака з подальшим округлюванням результату до цілого числа. Ступінь вилежування трести конопляної визначали за табл. 1.

Таблиця 1

Градація оцінки ступеня вилежування трести конопляної

Об'єкт досліджування	Показник відбитого світлового потоку, люкс	Ступінь вилежування
Треста конопляна	менше 23	треста вилежана
	23–27	треста недолежана
	більше 27	солома

Визначення ступеня вилежування конопляної трести за показниками відокремлення та інтенсивності відбитого світлового потоку поверхнею, що аналізується, здійснюють за умов використання технологій, які уможливають збереження загальної довжини стебел. За таких умов аналізують стебла без порушення таких показників їх структури як зламвання, розколювання, обірваність і т.д.

Показник відокремлення волокна як за органолептичним методом так і встановлений прибором, визначали у різних частинах стебла. Здійснивши по три повторюваності досліджень визначали середнє значення, яке заносили у таблицю.

Оцінку показників якості здійснювали у відповідності до положень діючих нормативно-технічних документів [13–15].

5. Результати досліджень способів збирання біологічного врожаю конопель стрічковими накопичувачами

5.1. Розроблення технологічних схем збирання технічних конопель стрічковими накопичувачами

За результатами багаторічних досліджень і спостережень запропоновано стрічковий спосіб збирання і транспортування до краю поля скошених стебел конопель. За таких умов зрізані жнивваркою стебла укладають у вигляді безперервного валка на стрічку, яка попередньо під нього (валок) підстелена. Стрічку розстеляють одночасно з процесом формування валка (рис. 1, а) або попередньо вздовж гону (рис. 1, б). У процесі завантаження стрічка може бути нерухомою щодо ґрунту або ковзати по стерні разом з скошеними стеблами конопель, що надходять на неї. У випадку коли стрічка ковзає по стерні зі швидкістю меншою швидкості руху жнивварки, відбувається збільшення маси погонного метра валка внаслідок зменшення його довжини. Це явище надзвичайно важливе з точки зору процесу валкоутворення. Реалізація цього явища має велике практи-

чне значення особливо в разі формування валків із задалегідь заданою масою стебел на одному погонному метрі. Так завдяки регулюванню швидкості руху стрічки щодо рухомої жниварки, можна в широких межах плавно змінювати масу одного погонного метра валка, який формується не тільки на стрічці, а й на стерні. Відмітимо, що це можна здійснити за незмінної ширини робочого захвату жнивного агрегату.

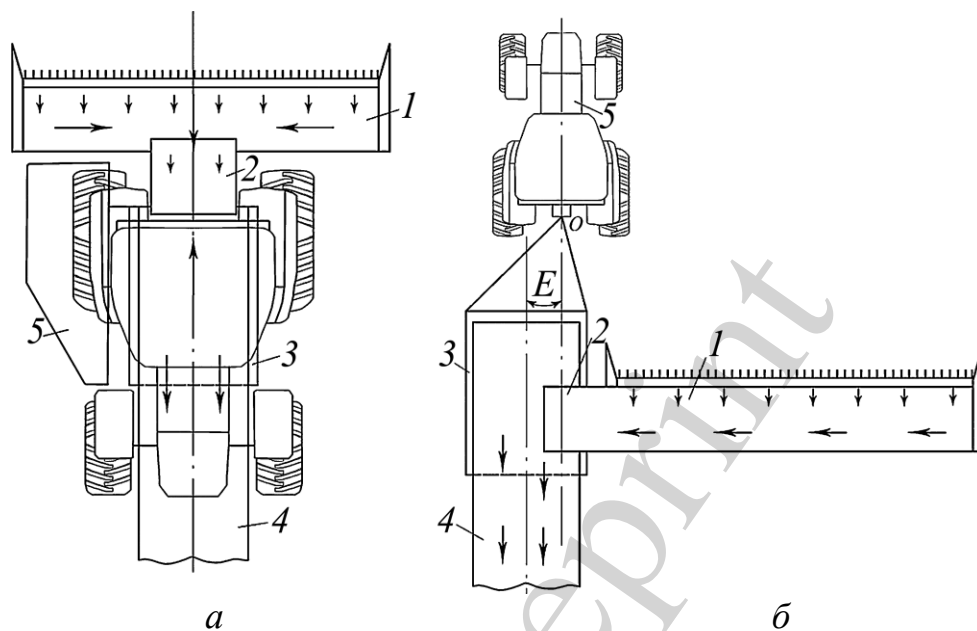


Рис. 1. Схема формування валка на стрічковому накопичувачі: *а* – розстеленому в процесі формування валка; *б* – попередньо розстеленому; 1 – жнивна система; 2 – транспортер скошених стебел конопель; 3 – рулон стрічки; 4 – валок конопле стеблової маси; 5 – мобільна молотильна система (зернозбиральний комбайн)

Сформований на стрічці валок можна транспортувати (волочити) разом зі стрічкою уздовж гону (не обов'язково прямолінійного) до місця обмолоту (обчісування) або вивантаження скошених стебел конопель. Це означає, що стрічковий накопичувач можливо застосовувати як спеціальний вид безколісного транспортного засобу для переміщення валка скошених стебел конопель і т.п. матеріалів в межах поля. Відмітимо можливість накопичення і транспортування валка скошених стебел конопель на стрічковому накопичувачі з тим, щоб висловити припущення (гіпотезу) відносно доцільності застосування цієї ідеї для удосконалення способів збирання конопель. За умов формування на стрічковому накопичувачі скошених стебел конопель з повністю дозрілим насінням пріоритет доцільно надавати саме цьому напрямленню. Після відділення насіння стеблова маса володіє значним потенціалом щодо подальшого перероблення. Надалі можна уявити, що стрічку з боку її завантаження згортають в рулон, поступово підтягуючи разом з валком і перевантажуючи стебла конопель з стрічки в нерухомий комплекс машин.

Запропонований спосіб накопичення скошених стебел конопель на стрічку може бути покладено в основу принципово нового способу формування на стерні валків із заданою масою стебел на одному погонному метрі. За таких умов скошені стебла конопель укладають у вигляді валка на стрічку, яку відпускають зі швидкістю меншою швидкості руху жнивного агрегату (рис. 4). У кінці гону (не доходячи до краю 200...250 м) стрічку починають підтягувати до жниварки, не припиняючи руху жнивного агрегату. Раніше накопичені стебла, що надходять із стрічки, вивантажують на стерню, поєднуючи їх з потоком свіжоскошених стебел. До моменту надходження (пересування) до кінця гону жниварка і стрічка повністю звільнюються від скошених стебел конопель. За таких умов порожня стрічка згортається у рулон. Отже, після вивантаження скошених стебел з стрічки на стерню можна здійснювати черговий робочий прохід жнивних агрегатів.

За такого способу формування валків увесь обсяг скошених стебел конопель зосереджується по кінцях гону на незначній частині поля.

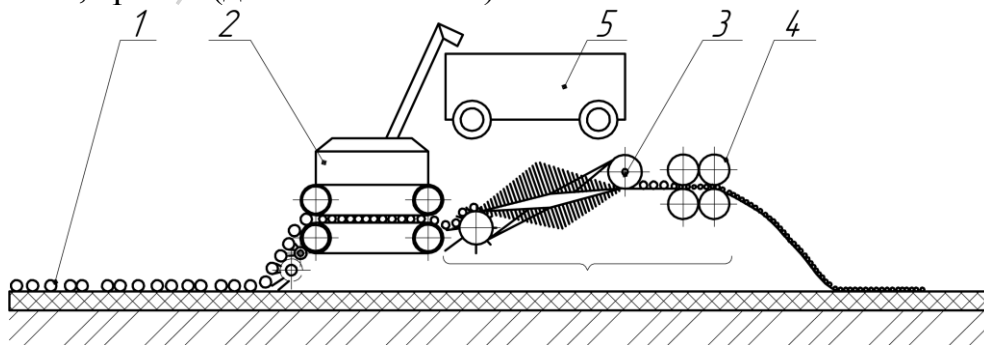
Відмітимо наступні технології збирання конопель з використанням стрічкових накопичувачів, які потенційно створюють передумови перероблення усього обсягу біологічного врожаю культури.

1. Збирання у фазі "зеленцевої" стиглості.

Відмітимо направленість цього способу на отримання високоякісного довгого волокна. Проте поряд із можливістю реалізації цього високоефективного напрямку виникають реальні перспективи застосовувати механізовані технологічні прийоми заготівлі частину врожаю культури для приготування лікувальних препаратів. Відмітимо, що до останнього часу відділення і збирання листя конопель здійснювали переважно вручну.

Етапи реалізації технології: обчисування стебел на краю поля і одержання цінної сировини у вигляді листя і насінневої частини (рис. 2). Без сумніву цей вид продукції володіє надзвичайно високим економічним потенціалом.

Із обчесаних стебел формують валки, або пучки. Це сировина для приготування трести із прогнозованими параметрами. Важливо відмітити, що на цьому етапі можливо застосовувати елементи інтенсифікації (управління) процесами біологічного перетворення стебел у тресту. До них віднесено плющення, м'яття стебел, їх обрізання під наперед встановлені розміри, штучне зволоження, укладання на стрічку з певними особливостями, обертання і т.п. Таким чином завдяки запропонованому способу уможливується збирання та подальше використання зеленцевої частини (листя і насінневої частини), костри, обрізаних частин стебел, трести (довгого волокна).



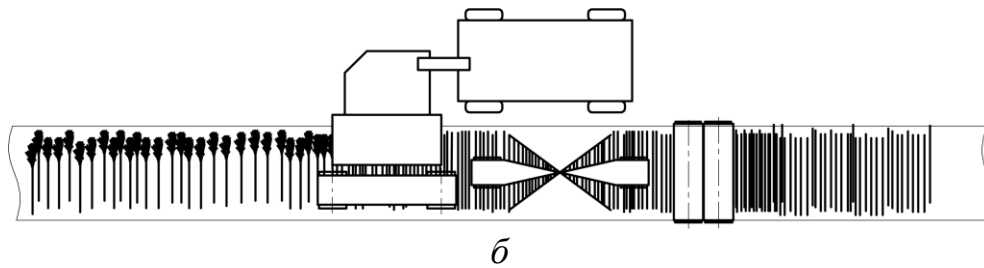


Рис. 2. Схема напівстаціонарного пункту очісування насінневої частини та підготовки стебел до приготування трести з використанням стрічкових накопичувачів: *а* – вид збоку, *б*– вид зверху; 1– стебла коноплі на стрічковому накопичувачі; 2– обладнання для обчісування насінневої частини коноплі; 3– перевертання обчесаних стебел; 4– обладнання для руйнування стебел плющенням; 5– емність для накопичування обчесаного насіння та вороху

2. Двофазне збирання – на насіння і волокно.

Технологія перероблення усього біологічного врожаю коноплі, яка включає скошування, укладання стебел паралельно один одному на стрічку, підтягування (транспортування) стрічки, обчісування стебел з наступним отриманням насіння. Технологія відрізняється тим, що стрічку із стеблами підтягують до стаціонарного (напівстаціонарного) комплексу. Комплекс містить пристрій для обчісування, ножі для обрізання (формування стебел за наперед визначеними розмірами) обчесаної насінневої частини та комлів, ділянку розвертання напрямку руху стебел на 90° , однопарний плющильний механізм (рис. 2). Цей механізм складається із гладких (нижніх) та ребристих (верхніх) вальців, розташованих один над одними і обертаються у протилежні сторони.

Стрічку з паралельно укладеними на ній стеблами підтягують до приймальної камери пристрою, що здійснює обчісування, або пристрій рухається по полю і проводить очісування стебел, поділ обчесаної маси на фракції та отримання насіння. Після обчісування насінневої частини стебло надходить в зону руйнування його цілісності, обертається і укладається зі збереженням паралельності на стрічку, яку розстеляють на поверхню поля.

Відмітимо, що технології збирання всього біологічного врожаю закінчуються (умовно) порівняльними станами і положеннями у просторі продуктів збирання. Наприклад, насіння повинно бути доставлено на тік і доведено до товарних кондицій, а стебла, зеленцева частина, обрізані частини, костра і т.п. направлено на подальшу переробку.

5. 2. Результати досліджень впливу різних видів покриття на терміни приготування трести

Дослідження проведено з метою визначення впливу на показники якості волокна різних видів покриття, на яке розстеляють стебла конопель для приготування трести.

Обчесані стебла конопель з розрахунку 1 кг/м.п розстеляли на різні типи покриттів. Було обрано наступні типи покриттів: трава (контроль, дослід 1

(рис. 3, *а*)); плівка поліетиленова без отворів (дослід 3, (рис. 2, *б*)); брезент (дослід 8, (рис. 3, *в*)); бетон (дослід 12, (рис. 3, *г*)); асфальт (дослід 13, (рис. 3, *д*)).

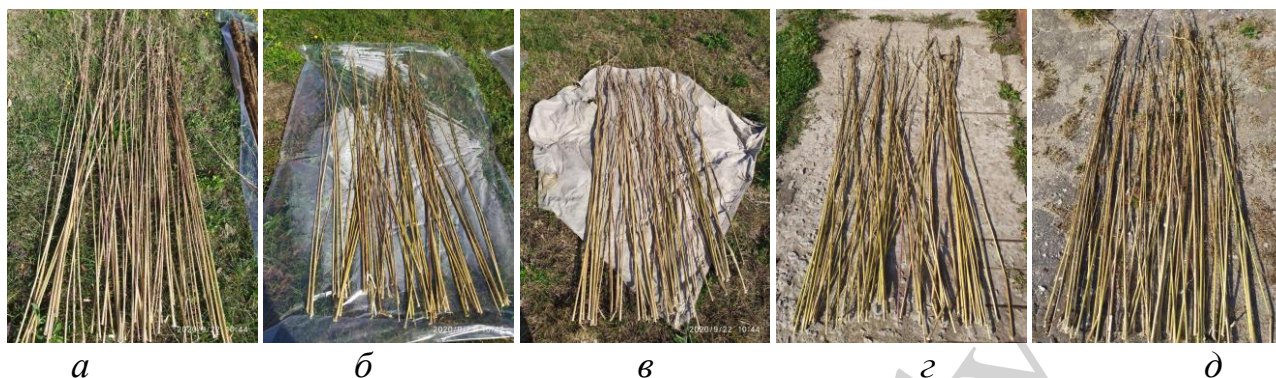


Рис. 3. Стебла коноплі обчесані, розстеленні з розрахунку 1 кг/м.п для приготування трести: *а* – траві; *б* – плівці поліетиленовій без отворів; *в* – брезенті; *г* – бетони; *д* – асфальті

Закладання дослідів здійснено в умовах лісостепової природно-кліматичної зони на дослідних ділянках Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України. Стебла в усіх дослідів одночасно було закладено для приготування трести.

Колір стебел змінювався від жовто-коричневого із зеленими відтінками, жовто-коричневого без сірих відтінків жовто-коричневого з початком прояву сірих слідів, жовто-коричневого зі значною кількістю сірих слідів, коричневого зі значною кількістю сірих слідів.

В усіх дослідів показник колір стебла на початковому етапі був жовто-коричневий із зеленими відтінками. Характер змінення кольору стебел у всіх групах був однаковим. Після 29 діб вилежування повторно визначали показник «колір стебел». Встановлено значення відміченого показника у дослідів: 1 – коричневий із значною кількістю сірих слідів; 3, 8 – жовто-коричневий із сірими слідами; 12 – жовто-коричневий із незначним проявом сірих слідів; 13, 14 – жовто-коричневий із проявом сірих слідів.

На цей час у всіх стеблах не було відмічено відокремлення волокон від деревинної частини (показник визначали органолептичним методом). Обертання стебел в усіх дослідів проведено на 36 добу вилежування.

На 43 добу вилежування встановлено такі значення показників кольору стебла за прибором та відокремлення, відповідно:

– дослід 1 – 18,5 люкс, відокремлення відсутнє (відокремлення у двох стебел у середній частині);

– дослід 3 – 20,5 люкс, відокремлення відсутнє (відокремлення у п'яти стебел у середній частині);

– дослід 8 – 21,5 люкс, відокремлення відсутнє (відокремлення у трьох стебел у середній частині);

– дослід 12 – 19,5 люкс, відокремлення відсутнє (відокремлення на одному стеблу у середній частині);

– дослід 13 – 21,5 люкс, відокремлення відсутня (відокремлення у трьох стебел у середній частині);

– дослід 14 – 36,0 люкс, відокремлення відсутня (відокремлення у одному стеблі у середній частині).

Відокремлення волокон у дослідах (1, 3, 8, 12, 13) із розстилом стебел встановлено на 50 добу після початку експерименту. Середнє значення показника "колір стебел" у дослідах 1, 3, 8, 12 складало 18,0 люкс і 18,5 люкс у досліді 13, відповідно.

Відмітимо, що на 50 добу вилежування у досліді 14 колір стебел, визначений органолептичним методом, коричневий зі значною кількістю сірих слідів, значення показника "колір стебел" – 28,0 люкс, відокремлення тільки на одному стеблу. Стану "сіро-коричневий" стеблами у цьому досліді досягнуто на 78 добу, значення показника "колір стебел" складало 23,5 люкс, відокремлення на декількох стеблах у середній частині (треста не вилежана).

Завершення етапу приготування трести у 14 досліді відбулося на 157 добу за досягненням показника колір стебел "сірий". За таких умов середній колір стебел становив 25,3 люкс, відокремлення на більшості стебел (треста вилежана). Загальна тривалість приготування трести за цим дослідом у 3,14 рази більше, ніж у дослідах із розстеленням стебел.

Аналізуючи між собою результати дослідів (1, 3, 8, 12, 13) та 14 відмітимо певну розбіжність за показниками приготування трести. У дослідах 1, 3, 8, 12, 13 волокно відокремлювалося від деревини у відборі на 50 добу вилежування. Стебла у цих дослідах мали сірий та темно-сірий колір та органолептичну оцінку прибором 18,0–18,5 люкс. Проте у досліді 14 відокремлення було зафіксовано на 157 добу за сірого кольору стебел та дещо вищим показником прибору 25,3 люкс.

Проаналізовано наведені у табл. 2 значення показників якості довгого волокна. Відмічено, що за показником розривного навантаження довге волокно конопель досліду 8 (розстил на брезенті, стебла обчесані 1 кг/м.п.) відносять до першого сорту (32,4 даН). До третього сорту відносять волокно дослідів 3, 12, 13; 14 (розстил на плівку без отворів; на бетон; на асфальт; стебла обчесані в снопах масою 1 кг в суслонках) з розривним навантаженням, відповідно: 25,3 даН, 25,8 даН, 25,1 даН, 25,6 даН.

За показником лінійної щільності найменші значення показника мають волокна із трести, приготовленої на брезенті. Проте показник лінійної щільності у всіх варіантах дослідів перевищує нормативне значення (50 текс).

Значення лінійної щільності у всіх варіантах досліджень перевищувало нормативне у 1,65–2,64 рази, що обумовило віднести волокно за даним показником до нестандартного.

За показником вміст ликоподібних пасм волокно усіх дослідів відповідає другому сорту, за вмістом костриці та лапи – першому.

За показниками якості виробленого волокна є певна схожість різних варіантів, так як у всіх варіантах треста була вилежаною, то ефективність її переробки для середньо – та крупностеблової фракції, відібраних для дослідів, була високою. Вироблене волокно було практично чистим у всіх дослідах, з високими показниками розривного навантаження та жменьовою довжиною, а от лінійна

щільність усіх варіантах перевищувала показник 50 текс. Тому волокно за даним показником є нестандартним. Високий показник лінійної щільності можна пояснити тільки сировиною, яка використана в досліді (крупні стебла та взяті після збирання насіння), в яких волокно вже стало більш грубим.

Таблиця 2

Показники якості довгого волокна конопель із сланцевої трести різних варіантів приготування

№ до с	L Жмені, см	Розривне навантаження, даН	Лінійна щільність, текс	Вміст костриці, %	Вміст лапи, %	Вміст лико-подібних пасм, %	Сорт
1	198	26,0	103,0	0,6	1,6	3,6	н/с
3	119	25,3	110,0	0,5	1,6	3,7	н/с
8	195	32,4	82,6	0,6	1,6	3,9	н/с
12	196	25,8	106,7	0,5	1,7	3,7	н/с
13	195	25,1	124,0	0,6	1,6	3,8	н/с
14	–	25,6	110	1,5	0,7	3,6	н/с

Згідно вимог нормативно-законодавчих документів [13–15], оцінку здійснювали за найгіршим показником, яким є показник лінійної щільності. Таким чином волокно усіх дослідів варто віднести до нестандартного (табл. 2).

Показники якості волокна отриманого із трести, вилежаної на брезенті, у порівнянні із волокном трести на плівці, асфальті і бетоні, характеризуються вищими значеннями показника розривного навантаження.

5. 3. Результати визначення впливу товщини шару стебел конопель на терміни її приготування та показники якості волокна

Щільність стебел коноплі у стрічці є важливим показником, що впливає на терміни приготування трести та якість волокна. У експерименті із визначення впливу щільності обчесані стебла розстеляли на білу без отворів плівку. Розстилання здійснювали за схемою: 1 кг/м.п. (дослід 3, (рис. 3, а)); 2 кг/м.п. (дослід 9, (рис. 4, б)); 3 кг/м.п. (дослід 10, (рис. 4, в)).

Досліди було закладено одночасно, в одних природно-кліматичних умовах, однотипному рельєфі місцевості.

Методикою досліджень передбачено регулярне протягом не більше 7 діб визначення кольору стебел органолептичним методом, кольору стебел за прибором, а також показника відокремлення волокон. За необхідності проводили обертання стебел.

Етап приготування трести у всіх дослідях відбувався в однакових умовах, характеризувався подібною тривалістю та завершився в один день. Загальна тривалість приготування трести склала в умовах розстилу на плівку білу поліетиленову 50 діб.

Показник "колір стебел за органолептичним методом" на етапах приготування трести у всіх дослідях був однаковий.

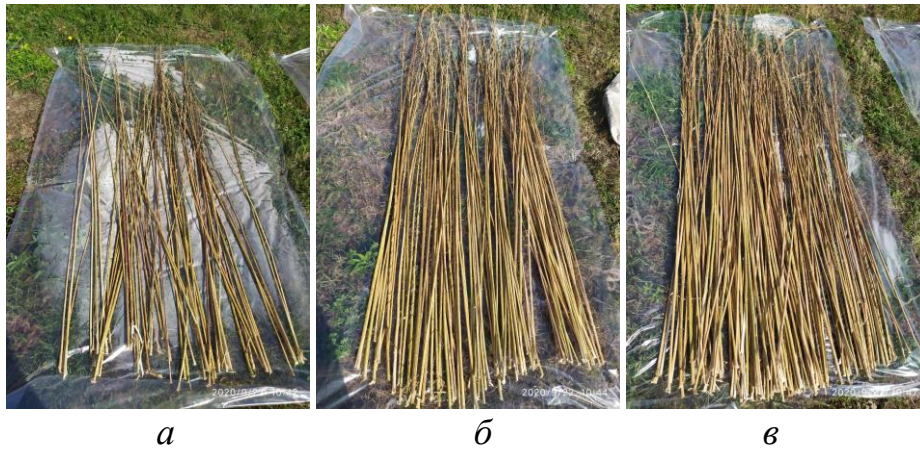


Рис. 4. Обчесані стебла коноплі розстелені на білу без отворів плівку для приготування трести з розрахунку: *a* – 1 кг/м.п; *б* – 2 кг/м.п; *в* – 3 кг/м.п

Обертання стебел здійснювали один раз на 36 добу вилежування. Результати визначення показника колір стебла за прибором наведено у табл. 3.

Відзначимо, що стану колір стебла "світло коричневі" стебла досягли на 43 добу вилежування. За таких умов значення показника колір стебел за прибором у третьому і дев'ятому досліді склало 20,5 люкс, у десятому – 21,5 люкс. Стану "темно-коричневий (сірий)" стебла досягли на 50 добу вилежування. Колір стебел за прибором у 3 і 9 досліді склав 18,0 люкс, у 10 18,5 люкс (табл. 3).

Показники якості волокна із сланцевої трести різних видів приготування наведено у табл. 4.

Аналізуючи результати наведених у табл. 4 досліджень відзначимо, що за показником довжини жмені дослід 3 (1 кг/м.п.) мав значення 119 см, дослід 9 (2 кг/м.п.) – 177 см; дослід 10 (3 кг/м.п.) – 179 см.

Розривне навантаження довгого волокна коноплі дослід 3 становило 25,3 даН, що відповідає третьому сорту. Розривне навантаження дослідів 9 і 10 відповідало другому сорту і складало, відповідно, 27,3 даН та 29,5 даН.

Таблиця 3

Результати досліджень показника "колір стебел за прибором, люкс" на етапах приготування трести

Доба вилежування	Дослід 3	Дослід 9	Дослід 10
	Колір стебел за прибором, люкс	Колір стебел за прибором, люкс	Колір стебел за прибором, люкс
1	54,0	54,0	54,0
8	52,0	53,0	53,0
15	52,0	53,0	52,0
22	51,0	52,0	51,0
29	44,0	42,0	44,0
36	34,0	33,5	35,0
43	20,5	20,5	21,5
50	18,0	18,0	18,5

Таблиця 4

Показники якості довгого волокна конопель із сланцевої трести різних варіантів приготування

№ дос	L Жмені, см	Розривне навантаження, даН	Лінійна щільність, текс	Вміст костриці, %	Вміст лапи, %	Вміст ликоподібних пасм, %	Сорт
3	119	25,3	110,0	0,5	1,6	3,7	н/с
9	177	27,3	88,0	0,7	1,8	4,1	н/с
10	179	29,5	132,0	0,8	1,8	4,1	н/с
14	–	25,6	110	1,5	0,7	3,6	н/с

До першого сорту (30 даН) найбільш близькими є показники розривного навантаження дослідів 3, що обумовлено більшою гігроскопічністю товщого шару, спроможного довше утримувати таку необхідну для протікання мікробіологічних процесів перетворення стебел у тресту, вологу.

За показником лінійна щільність результати усіх дослідів перевищують допустимий рівень (не більше 50 текс), що обумовило віднести волокна за відміченим показником до нестандартного.

За показником вміст костриці найбільше значення мало волокно дослідів 10 (0,8 %), вміст лапи та вміст ликоподібних пасм – дослідів 9 і 10–1,8 % та 4,1 %, відповідно (табл. 4).

Під час вилежування на білій плівці без отворів стебел коноплі збільшення товщини шару обчесаних стебел коноплі від 1 до 3 кг/м.п. призвело до відповідного зростання показників. Так, розривне навантаження збільшилося на 16,6 %, лінійна щільність – на 20 %, вміст костриці – на 60 %, вміст лапи – на 12,5 %, вміст ликоподібних пасм – на 10,8 %. Збільшення товщини шару стебел призвело до відповідного зростання гігроскопічності стрічки, що позитивно відобразилося на мікробіологічних процесах приготування трести.

За розривним навантаженням волокно відповідає третьому сорту, за лінійною щільністю – є нестандартним, за вмістом ликоподібних пасм – другому сорту, за вмістом костриці та лапи – першому. Тому сорт волокна є нестандартним.

6. Обговорення результатів досліджень із розроблення технологій збирання врожаю конопель стрічковими накопичувачами

Технічним коноплям притаманні дві фази стиглості – технічна і біологічна. Період технічної стиглості конопель характеризується завершенням приросту рослин у висоту, накопиченням урожаю соломи і волокна, формуванням якісних властивостей волокнистої частини врожаю. Цей період співпадає з дозріванням поодиноких насінин у нижній частині суцвіть однодомних рослин. Для біологічної стиглості конопель характерне повне дозрівання насіння. Тривалість між технічною і біологічною стиглостями сортів конопель становить, у середньому, 25–35 днів і залежить від погодних умов у період дозрівання насіння та біологічних властивостей популяції.

Аналізуючи результати експериментальних досліджень відмітимо визначальний вплив вологості на терміни приготування трести. За достатньої вологи мікробіологічні процеси проходять більш інтенсивно. Вологі поверхні сприяють життєдіяльності і розповсюдженню бактерій.

Варто відзначити можливі основні джерела вологи в умовах стелища:

- рідка волога (атмосферні опади);
- вода і водяна пара із ґрунту, в тому числі і волога, що надходить по капілярам ґрунту та волога, що виділяють рослини;
- водяна пара із повітря.

Значним джерелом вологи (основним) є повітря. За умов його високої вологості відбувається конденсація пари на поверхні ґрунту, рослинного середовища.

Випадіння конденсату обумовлено добовими змінами температур атмосферного повітря, який є найбільш вираженим в умовах континентального клімату. У нічні години поверхня ґрунту, асфальту, бетону, плівки і все, що на них розміщено, охолоджується і внаслідок значної теплопровідності, залишаються переохолодженими в ранішні і частково, денні години. Атмосферне повітря, являючись середовищем значно більш стабільним в ранішні години порівняно швидко збільшує тепло і вологомісткість. Завдяки цьому його точка роси за певних умов перевищує температуру асфальту, бетону, плівки тощо, в результаті чого відбувається процес конденсації надлишкової вологи.

Волога, що конденсується на зовнішніх поверхнях, внаслідок дії рухомого атмосферного повітря (асиміляція) швидше випаровується. Проте, у застійних внутрішніх отворах, якими характеризується брезент, волога, що конденсується, випаровується повільно і поступово тільки накопичується.

На поверхні стебел утворюється плівка конденсату. Вона стікає вниз, збільшуючи товщину водяного шару. Внаслідок термічного опору плівки температура стінки суттєво менша температури поверхні плівки. За таких умов на цій поверхні спостерігається невеликий стрибок температур конденсату і пари. Температура пару в об'ємі трохи вище температури насичення. На горизонтальних поверхнях тепловіддача конденсації вища ніж у вертикальних поверхнях.

Збільшення товщини плівки зменшує тепловіддачу. На поліетиленовій плівці (в меншій мірі бетон, асфальт) конденсат швидко стікає, накопичуючись в окремих місцях.

Брезент містить структурні утворення, які уможливають затримання капелек сконденсованої вологи і більш рівномірне її розподілення по досліджуваній поверхні. Саме цим можна пояснити кращі показники якості волокна, отриманого із трести на брезенті у порівнянні з іншими матеріалами.

Підвищення гігроскопічної вологості брезенту призводить до збільшення ваги (і, або об'єму), зміненню щільності, електричної провідності, теплопередачі, умов для росту бактерій і мікроорганізмів.

Для брезенту характерно існування залежності між високою гігроскопічністю та показниками його якості. Висока гігроскопічність призводить до погіршення споживчих властивостей матеріалу. Це є наслідком бактеріологічного росту, змінення хімічного складу, хімічних реакцій з водяною парою і т.п.

Матеріали із дуже малою гігроскопічністю (до них можна віднести плівку, і, певною мірою, асфальт і бетон) також піддаються впливу водяної пари вологого повітря, яка проявляється у поверхневих шарах.

У дослідженнях запропоновано шляхи вирішення проблеми підвищення ефективності подальшої механізації виробництва насіння конопель, довгого волокна та інших біологічних частин рослини.

На підставі системного аналізу потенційно можливих варіантів технологій збирання, транспортування та первинного перероблення усього обсягу біологічного врожаю технічних конопель запропоновано найбільш раціональні шляхи вирішення зазначеної вище проблеми.

До основних результатів досліджень віднесено розроблення технологій збирання врожаю конопель стрічковими накопичувачами. Формування валків скошених стебел конопель, згідно запропонованого способу, здійснюють на стрічку, яку потім транспортують до краю поля для подальшого перероблення стебел. Завдяки запропонованим техніко-технологічним рішенням уможливується підвищення у 1,3–1,7 рази показників якості коноплепродукції, надійність та стабільність технологічних процесів, умови перероблення усього біологічного врожаю з найменшою собівартістю продукції, розширення номенклатури та видів готової продукції. Реальних ознак набувають перспективи механізації технологічних прийомів заготівлі частини врожаю культури для приготування лікувальних препаратів.

Системно обґрунтовано можливість приготування трести обчесаних стебел коноплі методом розстелення на матеріали різного виду.

Управління процесом збирання (в тому числі і формування стрічки – валкоутворення), планове (системне), глибоке, всебічне перероблення усіх складових врожаю на краю поля напівстаціонарними машинами та обладнанням віднесено до головних переваг запропонованого способу.

Розроблені технології та технічні засоби забезпечують перероблення усього обсягу біологічного врожаю конопель. За умов їх реалізації зменшується кількість проходів збиральних машин, уможливується звільнення полів у рік збирання насіння, а також управління процесами валкоутворення і вилежування стебел без втрати якості кінцевої трести.

Науково-практичний інтерес подальших досліджень полягає у площині визначення реологічних властивостей матеріалу стрічки для транспортування валків, дослідження впливу конструкційних параметрів, режимів роботи жнивної машини і інших чинників на потужність валка, який формується в період входу агрегату в загін і виходу з нього.

7. Висновки

1. Розроблено технологічні схеми збирання врожаю конопель стрічковими накопичувачами. Запропоновано формувати валок скошених стебел конопель на стрічку і волочити її до краю поля для подальшого перероблення. Завдяки цьому уможливується суттєве підвищення ефективності механізованих процесів збирання і перероблення усього біологічного врожаю конопель та інших культур.

Розроблено технологічну схему збирання конопель з можливістю отримання сировини для довгого волокна і лікувальних препаратів. Двофазне збирання (на насіння і волокно) запропоновано реалізовувати із використанням стрічкових накопичувачів стаціонарними (напівстаціонарними) комплексами. Відмічені технології створюють сприятливі умови управління процесом валкоутворення стрічки стебел коноплі, підвищують рівень керованості системами виробництва. Завдяки компактному розміщенню врожаю культури на спеціально підготовлених ділянках поля виникають перспективи поетапного перероблення усіх частин врожаю.

2. Системно обґрунтовано можливість приготування трести обчесаних стебел коноплі методом розстелення на матеріали різного виду (плівка біла без отворів, бетон, асфальт, брезентові тканини). Це уможливило розроблення нових, керованих технологічних прийомів та способів збирання та первинної переробки усього біологічного врожаю культури.

Встановлено, що за показниками якості виробленого волокна треста усіх дослідів була вилежаною, ефективність її перероблення для середньо- та крупностеблової фракції високою.

Вироблене волокно у всіх дослідах характеризувалося чистотою, високими показниками розривного навантаження та жменьовою довжиною. Проте значення лінійної щільності у всіх варіантах досліджень перевищувало нормативне у 1,65–2,64 рази, що обумовило віднести волокно за даним показником до нестандартного. Перевищення значення показника лінійної щільності обумовлено сировиною, яку використано у дослідах (крупні стебла та взяті після збирання насіння), в яких волокно вже стало більш грубим.

3. Встановлено зростання значень показників за відповідного змінення від 1 до 3 кг/м.п. товщини шару обчесаних стебел коноплі на білій плівці без отворів. Розривне навантаження, за таких умов, збільшилося на 16,6 %, лінійна щільність – на 20 %, вміст костриці – на 60 %, вміст лапи – на 12,5 %, вміст ликоподібних пасм – на 10,8 %. Збільшення товщини шару стебел призвело до відповідного зростання гігроскопічності стрічки, що позитивно відобразилося на мікробіологічних процесах приготування трести та показниках якості отриманого із неї волокна.

Література

1. Ткаченко, С. М., Мохер, Ю. В., Лайко, І. М., Жуплатова, Л. М., Вировець, В. Г., Міщенко, С. В. та ін. (2021). Довідник конопляра. Суми: Еллада, 27.
2. Sheichenko, V., Marynchenko, I., Shevchuk, V., Zadosnaia, N. (2019). Development of Technology for the Hemp Stalks Preparation. *Modern Development Paths of Agricultural Production*, 223–232. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_24
3. Wasko, J., Kozlovski, R., Markovski, J. (2004). The state and the perspective of flax and hemp utilization in Poland and in the World. *Euroflax*, 1, 6–10.
4. Small, E., Marcus, D. (2002). Hemp: A new crop with new uses for North America. *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, 284–326. URL: <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-284.html>

5. Réquillé, S., Mazian, B., Grégoire, M., Musio, S., Gautreau, M., Nuez, L. et. al. (2021). Exploring the dew retting feasibility of hemp in very contrasting European environments: Influence on the tensile mechanical properties of fibres and composites. *Industrial Crops and Products*, 164, 113337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113337>
6. Kolodinsky, J. (1997). Natural fibers. Special Edition, 58–63.
7. Lyalina, N., Yudicheva, O., Votchenikova, O., Berezovskiy, Y. (2020). Prognosis applications nonnarcotic hemp based on the criterial characteristics. *Fibres and Textiles*, 1, 35–41. URL: http://vat.ft.tul.cz/2020/1/VaT_2020_1_6.pdf
8. Virovetc, V. G., Laiko, I. M., Kirichenko, G. I. (2007). Modern Hemp Collection As Not Primary Source of Selection Material. Selection, Production Technology and Primary Processing of Flax and Hemp, 4, 35–42.
9. Duque Schumacher, A. G., Pequito, S., Pazour, J. (2020). Industrial hemp fiber: A sustainable and economical alternative to cotton. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122180. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122180>
10. Venturi, P., Amaducci, S., Amaducci, M. T., Venturi, G. (2007). Interaction Between Agronomic and Mechanical Factors for Fiber Crops Harvesting: Italian Results-Note II. Hemp. *Journal of Natural Fibers*, 4 (3), 83–97. doi: https://doi.org/10.1300/j395v04n03_06
11. Carus, M. (2017). The European hemp industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers. European Industrial Hemp Association. URL: http://eiha.org/media/2017/12/17-03_European_Hemp_Industry.pdf
12. Коропченко, С. П., Мохер, Ю. В. (2018). Підсумки науково-дослідних робіт з механічної переробки конопель на підприємствах малого та середнього бізнесу. *Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium*. Vol. 2. Riga: Izdevnieciba "Baltija Publishing", 112–137. URL: https://www.researchgate.net/profile/Grigoriy-Kovaleko/publication/344882569_ENGINEERINGSCIENCES_DEVELOPMENTPROSPECTSINCOUNTRIESOFEUROPEATTHEBEGINNINGOFTHEHIRDMILLENNIUM/links/5f968fe7299bf1b53e45ea52/ENGINEERINGSCIENCES-DEVELOPMENTPROSPECTSINCOUNTRIESOFEUROPEATTHEBEGINNINGOFTHEHIRDMILLENNIUM.pdf
13. ГОСТ 9993-2014. Пенька короткая. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200119074>
14. ГОСТ 10379-76. Пенька трепаная. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200020250>
15. ГОСТ 6729-60. Треста конопляная. Технические условия. URL: https://allgosts.ru/65/020/gost_6729-60