

Особливості морфологічної будови рослин та біохімічні властивості інтродукованих і вітчизняних сортів *Cannabis sativa* L.

А. С. Полякова^{1*}, Л. М. Горшкова¹, Д. Б. Рахметов²

¹Глухівський національний педагогічний університет ім. О. Довженка, вул. Києво-Московська, 24, м. Глухів, Сумська обл., 41400, Україна, *e-mail: lemma91@gmail.com

²Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна

Мета. Установити особливості сезонного ритму росту й розвитку рослин та морфобіологічні відмінності в однодомних вітчизняних та інтродукованих сортів *Cannabis sativa* L. в умовах Північного Сходу України. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2014–2019 рр. Застосовували польові (фенологічні спостереження, добір зразків для лабораторного аналізу), мікроскопічні (дослідження морфологічної будови залозистих і цистолітових волосків на вегетативних та генеративних органах, визначення розміру й густоти формування волосків), лабораторно-аналітичні (визначення вмісту канабіноїдних речовин методами тонкошарової та газорідинної хроматографії) та біоморфологічні методи (аналіз морфологічних ознак рослин). Хімічний аналіз на вміст канабіноїдних речовин проводили в лабораторії відділу селекції та насінництва Інституту луб'яних культур НААН України (м. Глухів, 2014–2019 рр.). Уміст нейтральних речовин [канабінол – КБН, канабідіол – КБД та тетрагідроканабінол – ТГК і кислот (канабідіолової та тетрагідроканабінолової)] визначали з використанням методів тонкошарової та газорідинної хроматографії. Досліджували 11 однодомних сортів *C. sativa*, які різнилися за морфологічними, біологічними, генетичними, еколого-географічними і господарсько-цінними ознаками: 'ЮСО 1', 'ЮСО 31', 'Гляна', 'Вікторія', 'Глесія', 'Глухівський 46', 'Глухівські 51', 'Золотоніські 15', а також інтродуковані 'Fedora 17', 'Felina 32', 'Futura 77' (країна походження – Франція). **Результати.** Досліджено морфобіологічні особливості рослин сучасних однодомних сортів *C. sativa* залежно від еколого-географічних зон походження, умов вегетаційного періоду та етапу онтогенезу. Установлено функціональну взаємозалежність між формуванням спеціалізованих видільних структур та вмістом канабіноїдних речовин у рослин різних сортів культури. Виокремлено перспективні сорти *C. sativa* за співвідношенням [(ТГК + КБН) ≤ КБД], що свідчить про можливість використання їх як вихідного матеріалу для створення сортів з підвищеним вмістом КБД. **Висновки.** Сьогодні рослини *C. sativa* є основною фітосировиною для отримання в промислових масштабах природного КБД. За останні роки створено високоврожайні сорти культури, які характеризуються не тільки високими господарсько-цінними ознаками, але й не містять психоактивного ТГК та мають незначну кількість КБД. Установлено особливості сезонного ритму росту й розвитку рослин та морфобіологічні відмінності сучасних однодомних вітчизняних та інтродукованих сортів *C. sativa* в умовах Північного Сходу України. Виявлено низький коефіцієнт кореляції між вмістом нейтральних речовин та кислот у сортів, які характеризуються невисоким вмістом канабіноїдних сполук. За розробленою власною класифікацією (ТГК + КБН) : КБД визначено сорти з переважальним вмістом КБД – 'Глухівський 46', 'Золотоніські 15', 'Гляна', які мають значну лікарську цінність.

Ключові слова: *Cannabis sativa* L.; вітчизняні та інтродуковані сорти; морфобіологічні особливості; канабіноїдні речовини (КБД, ТГК, КБН).

Вступ

Починаючи з 70-х рр. ХХ ст. в коноплярстві активно розвивався новий напрям – створення однодомних сортів конопель, спрямований на елімінацію психоактивного тетрагідроканабінолу (ТГК) [1]. У селекційному процесі почали використовувати сорти й сортозразки з відсутнім або низьким вмістом ТГК (колекція ВІР, сорти з Франції, Німеччини, Угорщини). У результаті проведе-

ної роботи отримано та районовано у виробництво перші сорти однодомних високопродуктивних сортів конопель, як-от 'ЮСО 14', 'ЮСО 16', 'Дніпровські однодомні 6', та значна кількість гібридів [2].

За останні роки науковцями проведено роботу, важливим результатом якої є створення високопродуктивних сортів із незначною кількістю активного ТГК або з повною його відсутністю. Проведені комбінації схрещувань на багатьох сортах давали підставу вважати, що отримані сорти, які мають незначну кількість канабіноїдних кислот, надалі без складної селекційної роботи сприятимуть збільшенню вмісту цих сполук у наступних поколіннях [3]. Отже, інтерес має докладніше дослідження взаємозв'язків між нейтральними речовинами КБД, ТГК, КБН

Anastasia Poliakova

<https://orcid.org/0000-0003-0098-4313>

Lidia Horskova

<https://orcid.org/0000-0001-8957-4868>

Dzhamal Rakhmetov

<https://orcid.org/0000-0001-7260-3263>

та кислотами, можливість їх взаємоперетворення, ізомеризації залежно від внутрішніх та зовнішніх чинників [4, 5].

Сьогодні *Cannabis sativa* L. залишається однією зі стратегічно важливих технічних культур, яка має багатофункціональне значення, а коноплярство є найбільш високопродуктивною та рентабельною галуззю сільськогосподарського виробництва [6]. Тому використання інтродукованих сортів *C. sativa* поряд із вітчизняними має важливе значення для вивчення особливостей сезонного ритму росту й розвитку та морфобіологічних відмінностей рослин залежно від еколого-географічних зон походження, періоду онтогенетичного розвитку та умов проходження вегетації [7]. Актуальним є встановлення закономірностей формування секреторних структур у рослин залежно від сортових особливостей та походження, а також дослідження першочерговості біохімічного шляху утворення природних кислот або нейтральних речовин і взаємозв'язок між ними з метою вдосконалення методів їхнього визначення [8, 9].

Мета досліджень – особливості сезонного ритму росту й розвитку рослин та морфобіологічні відмінності в однодомних вітчизняних та інтродукованих сортів *Cannabis sativa* L. в умовах Північного Сходу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2014–2019 рр. на базі Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України (ІЛК), м. Глухів Сумської області. Географічні координати дослідного поля, де проводили дослідження: 51°39' північної широти і 35°39' східної довготи. Ґрунти дослідного поля – темно- та світло-сірі лісові, слабкопідзолні суглинки, утворені на моренній глині. Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту: рН сольової витяжки – 6,5–6,3, гідролітична кислотність – 3,77–2,87 мг-екв на 100 г ґрунту; уміст гумусу – 3,7–3,30%, азоту загального – 0,22–0,16%, рухомих форм P_2O_5 та K_2O – 11,9–12,5 і 4,0 мг на 100 г ґрунту відповідно. Середня температура ґрунту (за багаторічними даними) на глибині 10 см у першій декаді квітня становить 2,4–2,9 °С, у другій – 13–17 °С, у третій – 13–21 °С.

Погодні умови впродовж років проведення досліджень були різноманітними, що дало змогу узагальнити їхній вплив на процес накопичення канабіноїдних речовин та формування залозистої системи. Сума ефективних температур, за даними Глухівської агроме-

теостанції, розташованої на дослідних полях, становила 2300–2500 °С; кількість опадів, що випадають за вегетаційний період, – 310–320 мм. Середня багаторічна норма опадів – 325 мм, гідротермічний коефіцієнт – 1,2–1,3.

Матеріалом для досліджень слугували вісім вітчизняних ('ЮСО 1', 'ЮСО 31', 'Гляна', 'Вікторія', 'Глесія', 'Золотоніські 15', 'Глухівський 46', 'Глухівські 51') та три інтродуковані із Франції сорти ('Fedora 17', 'Felina 32', 'Futura 77').

Сівбу в сортовипробувальному розсаднику проводили з використанням селекційної сівалки, глибина висіву насіння – 3–4 см. Довжина рядків – 15 м, ширина міжрядь – 60 см. Висівали по п'ять ділянок кожного сорту, які позначали дерев'яною табличкою з власним порядковим номером. У фазі формування трьох пар листків з ділянок кожного сорту відбирали 30 типових рослин. Дані про номер ділянки, сорт та відповідні до нього рослини заносили до журналу спостережень ІЛК.

З кожної ділянки відбирали до 30 зразків рослинного матеріалу, які зрізали і поміщали в паперовий пакет із зазначенням дати, фази росту й розвитку рослин у момент відбору, відповідними номерами ділянки і рослини [9].

Для проведення фенологічних спостережень, а також вивчення особливостей росту й розвитку рослин, формування секреторної структури в польових умовах використовували метод моніторингу, описовий і емпіричний методи відповідно до загальноприйнятих методик [10], а також медотик, розроблених фахівцями Інституту луб'яних культур НААН України для рослин типу *C. sativa* [11, 12]. Для дослідження залозистих і цистолітових волосків методом мікроскопічного аналізу добирали свіжозібраний матеріал – найрозвиненіші крупні листки на технічній довжині стебла, оцвітини жіночих квіток та дрібні листки суцвіття. У складних листків для аналізу добирали найрозвиненішу центральну листову пластинку. Уміст канабіноїдних сполук визначали напівкількісним методом тонкошарової хроматографії (на пластинах типу Sorbfil). Кількісне визначення канабіноїдних речовин проводили за допомогою газорідного хроматографа (капілярна колонка Agilent Technologies, HP – 5 MS, газ – носій-гелій, температура випарника – 230 °С, печі – 260 °С, ПИД – 280 °С).

Результати досліджень

Загальна тривалість життєвого циклу рослин досліджених сортів *C. sativa* в умовах північно-східної частини України (найни-

зинніша частина Українського Полісся) упродовж усього періоду досліджень змінювалася в межах від 128 до 152 діб (рис. 1).

Інтродуковані з Франції сорти на етапі збирання врожаю досягали фази молочної стиглості та були визначені як пізньостиглі.

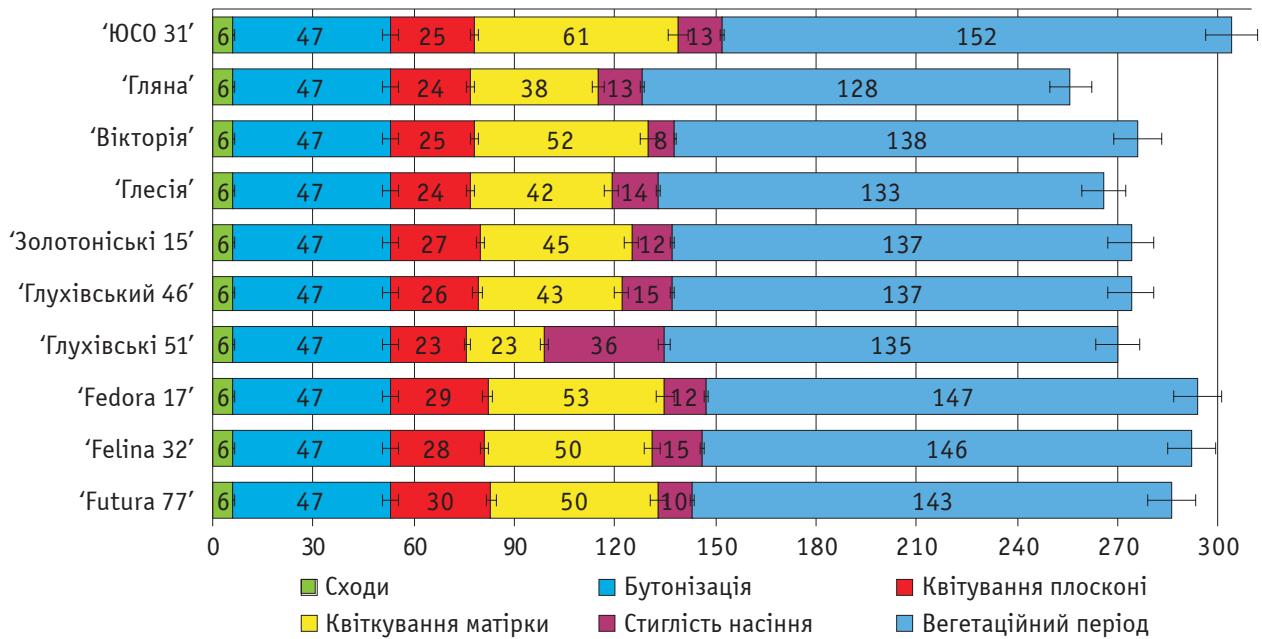


Рис. 1. Періоди проходження фаз росту й розвитку рослин досліджуваних сортів *C. sativa*, діб

Серед вітчизняних сорти найтриваліший вегетаційний період мав сорт 'ЮСО 31', найкоротший – 'Гляна'.

Висоту рослин різних сортів *C. sativa* облікували на попередньо визначених типових рослинах (X_{30}) в основні етапи їхнього росту й розвитку (рис. 2). У фазі формування трьох

пар листків найвищими були рослини сорту 'Золотоніські 15' – 32,8 см; у фазі масової бутонізації – інтродукованого сорту 'Futura 77' – 115,8 см; квітування та молочної стиглості сорту 'Fedora 17' – 179,6 і 249,8 см відповідно.

Визначено довжину головного кореня досліджуваних сортів у фазі бутонізації (рис. 3).

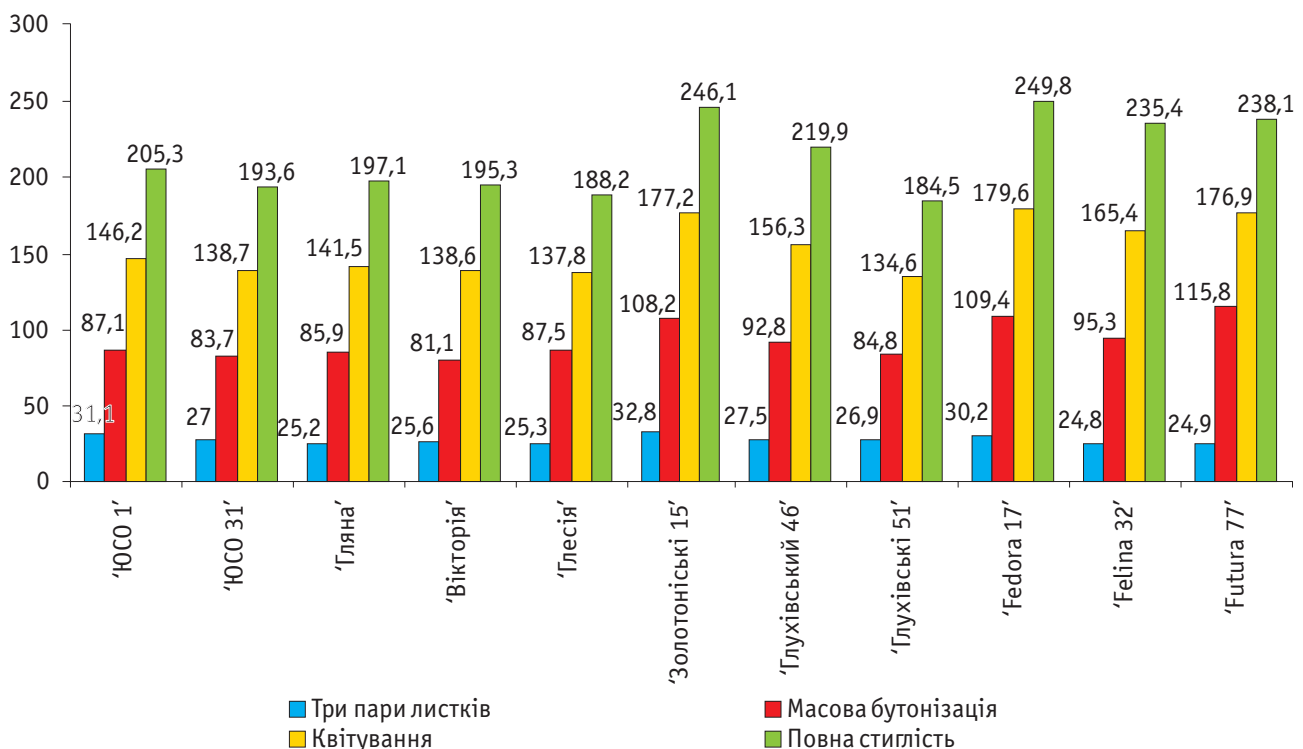


Рис. 2. Середня висота рослин досліджуваних сортів *C. sativa* залежно від періоду вегетації, см

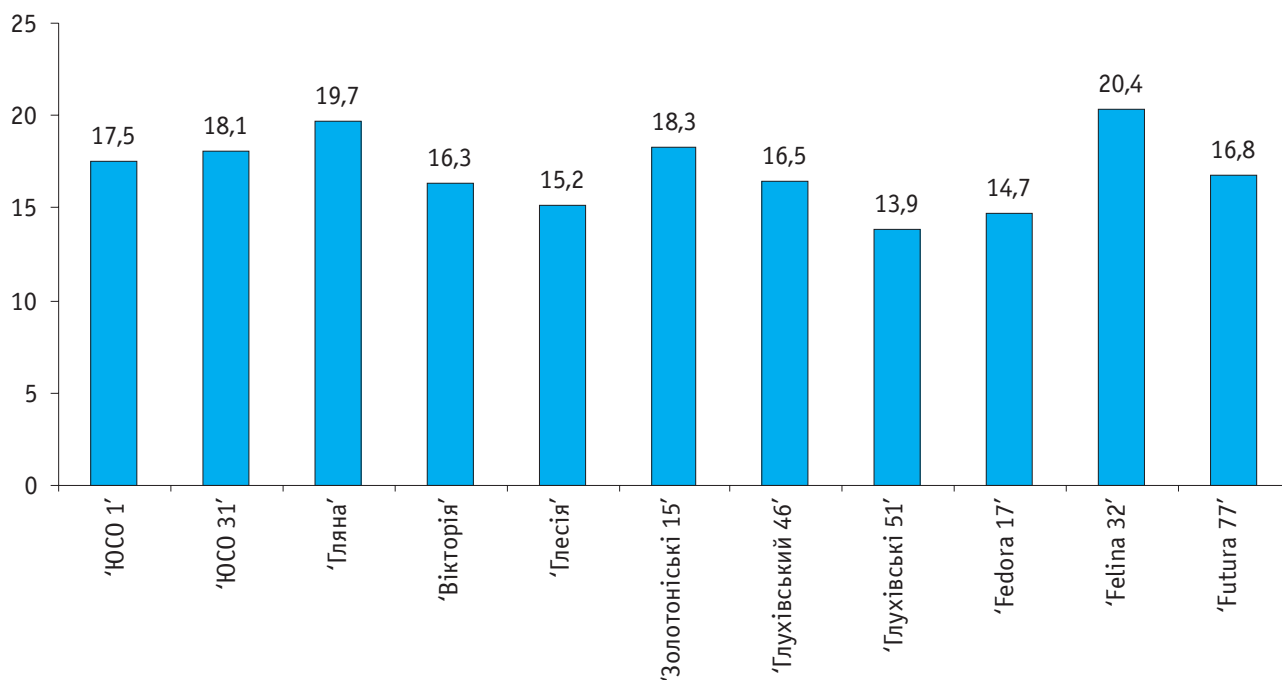


Рис. 3. Довжина головної кореня рослин досліджуваних сортів *C. sativa* у фазі бутонізації, см

З'ясовано, що найбільших розмірів коренева система рослин досягає в період генеративного розвитку, причому основна її маса розміщується в шарі ґрунту 25–30 см.

Сформований і розвинений головний корінь стрижневого типу. Розгалужене бічне коріння спостерігали в усіх досліджуваних зразках. Найпотужніші корені формувалися в інтродукованого сорту 'Felina 32' та у вітчизняних сортів 'Гляна' і 'Золотоніські 15'. Найменшу довжину головної кореня мали

рослини вітчизняного сорту 'Глухівські 51'. Загалом агрокліматичні умови вирощування, а також кількість поживних речовин та вологи в ґрунті були сприятливими для формування кореневої системи рослин *C. sativa*.

Довжину прилистка рослин *C. sativa* визначали у фазі бутонізації [13]. На цьому етапі росту й розвитку також оцінювали довжину черешка на розвинених листках нижнього та середнього ярусів стебла (рис. 4).

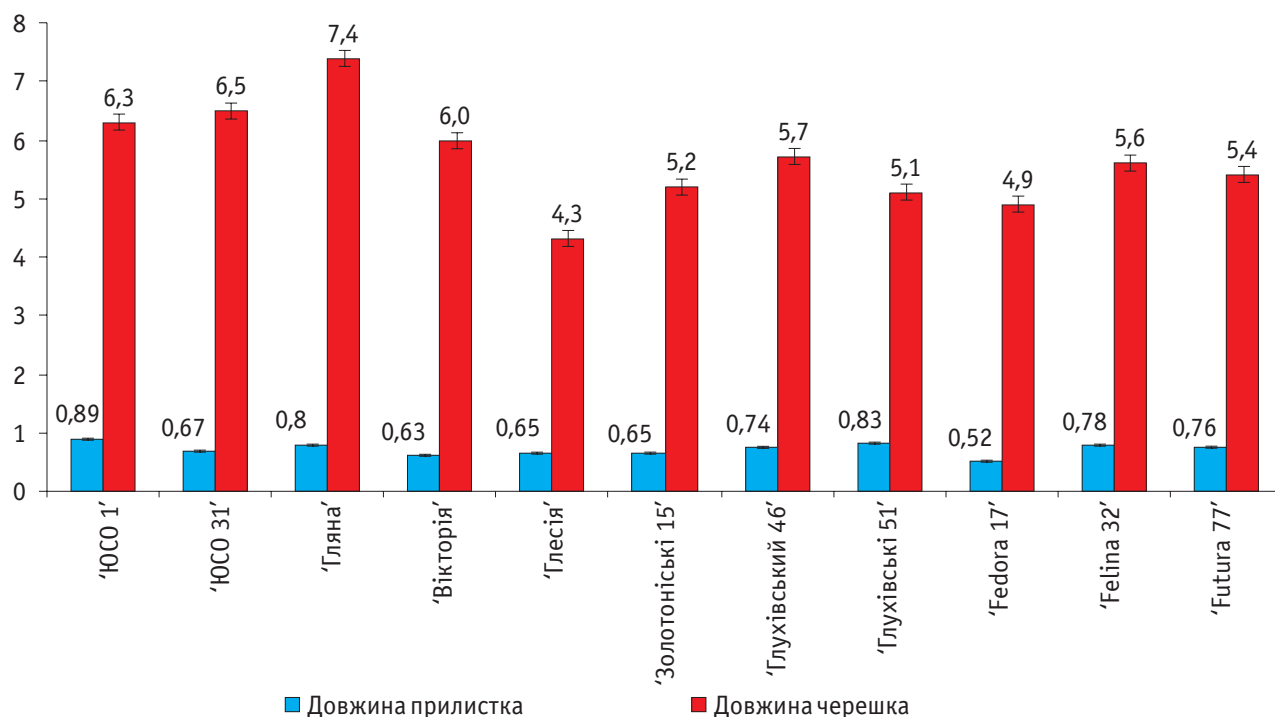


Рис. 4. Морфометричні характеристики листка рослин досліджуваних генотипів *C. sativa* у фазі бутонізації, см

Рослини *C. sativa* відзначаються специфічною будовою черешка, що пов'язано з утриманням на собі значної маси листкових пластинок. Міцність черешка забезпечується його масивністю та наявністю поздовжньої борізки на вентральній поверхні. Установлено, що в розвинених листків нижнього та середнього ярусів стебла довжина черешка змінюється залежно від сорту. Найдовші черешки відзначено в сорту 'Гляна' – у середньому 7,4 см, найкоротші в 'Глесія' – 4,3 см.

Прилистки характеризуються як незначна за розміром структура, що реагує на умови довкілля: у посушливих погодних умовах вони швидко засихають. Для сортів *C. sativa*

характерні бічні вільні прилистки (рис. 4). Експериментальні дані свідчать, що довжина прилистків залежно від сортових особливостей рослин змінюється в межах від 0,5 до 0,9 см. Найкоротші прилистки виявлено в інтродукованого сорту 'Fedora 17' – 0,52 см, найдовші – 0,89 см – у вітчизняного 'ЮСО 1'.

Установлено відмітність за кількістю листкових часток (5, 7, 9 і 11) між сортами. Середні показники (%) за співвідношенням цієї ознаки в однодомних рослин становлять 0,8:33,9:64,2:1,1. Отже, у досліджених рослин *C. sativa* переважно формуються листки із сімома й дев'ятьма листковими пластинками на розвинених листках (рис. 5).

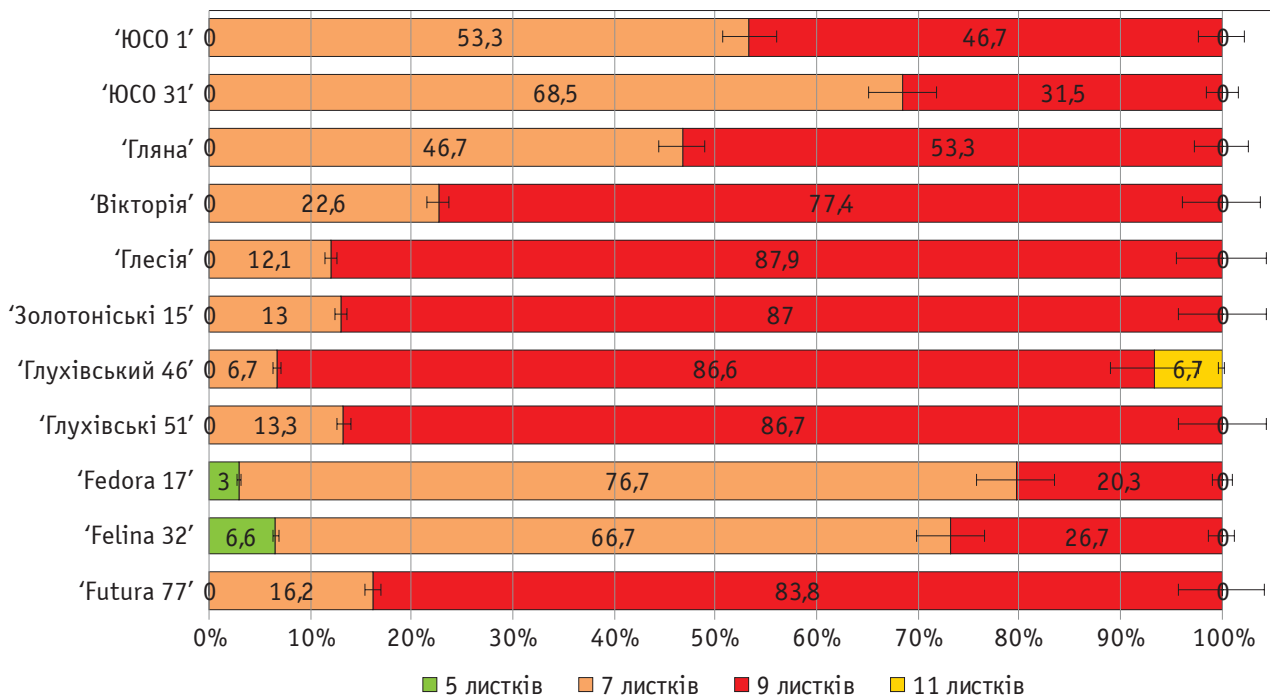


Рис. 5. Співвідношення листків рослин та їхніх листкових часток залежно від сортових особливостей *C. sativa*

У рослин інтродукованих сортів ('Fedora 17', 'Felina 32') відзначено наявність листків із п'ятьма листковими частками. Найбільша кількість листків з сімома листковими пластинками також спостерігається в інтродукованого сорту 'Fedora 17'. Єдиним сортом, у якого на розвинених листках рослин технічної довжини стебла виявлено листки з 11 листковими пластинками, є 'Глухівський 46'.

Дослідження вітчизняних та інтродукованих сортів разом з аналізом літературних джерел дають змогу припустити, що кількість листових часток є генетично зумовленою і пов'язана з вихідним матеріалом, який використовувався для створення сортів. Відомо, що для південних сортів характерне утворення листків з більшою кількістю лис-

тових часток, що пов'язано з їхнім географічним походженням.

У розвинених листків нижнього та середнього ярусів стебла формується різна кількість листкових часток. Центральна листкова частка найдовша в листків, розміщених далі від центру, довжина й ширина часток зменшується. Частіше трапляється непарна кількість листкових часток, що пов'язано з їхнім симетричним розвитком щодо центральної листкової частки. Центральна листкова частка – основний об'єкт морфологічного дослідження листка. Для аналізу брали центральну листкову частку найрозвиненішого листка середнього ярусу стебла. Дослідження 11 однодомних сортів показало наявність відмітностей за розміром морфологічних ознак центральних листкових часток (рис. 6).

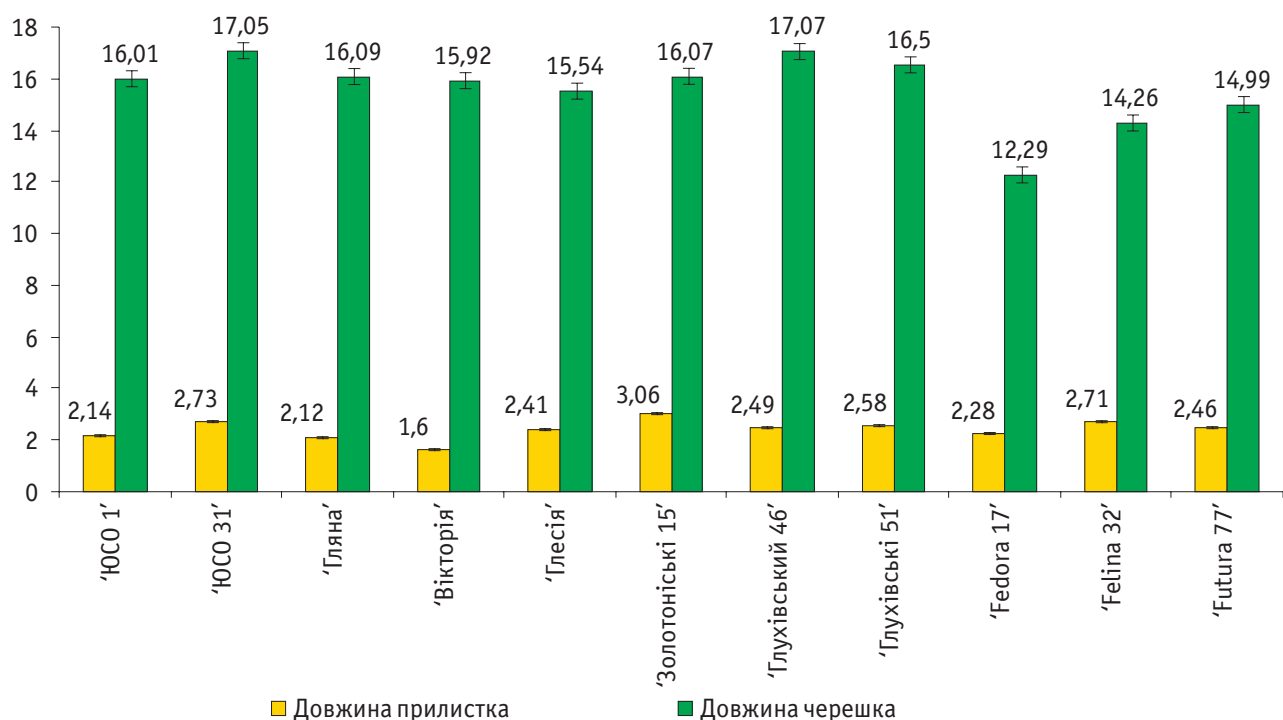


Рис. 6. Ширина та довжина листових часток залежно від сортових особливостей рослин *C. sativa*, см

Зазначені параметри листової частки варіюють у межах усіх досліджуваних сортів. Зокрема, ширина листової частки змінюється від 1,6 ('Fedora 17') до 3,06 см ('Золотоніські 15'), а довжина – від 12,29 ('Fedora 17') до 17,07 см ('Глухівський 46').

Значна варіабельність цієї ознаки є результатом багаторічної селекційної роботи – у процесі створення нових сортів застосовува-

ли метод схрещування середньоросійських сортів з південними. Тому зазначені одномодні сорти, здебільшого, гібридного походження, відповідно кількість пластинок у досліджуваних сортах рослин змінилася порівняно із сортами, на основі яких вони були створені.

Також визначали кількість міжвузлів і листків та середню довжину міжвузлів у рослин різних сортів (рис. 7).

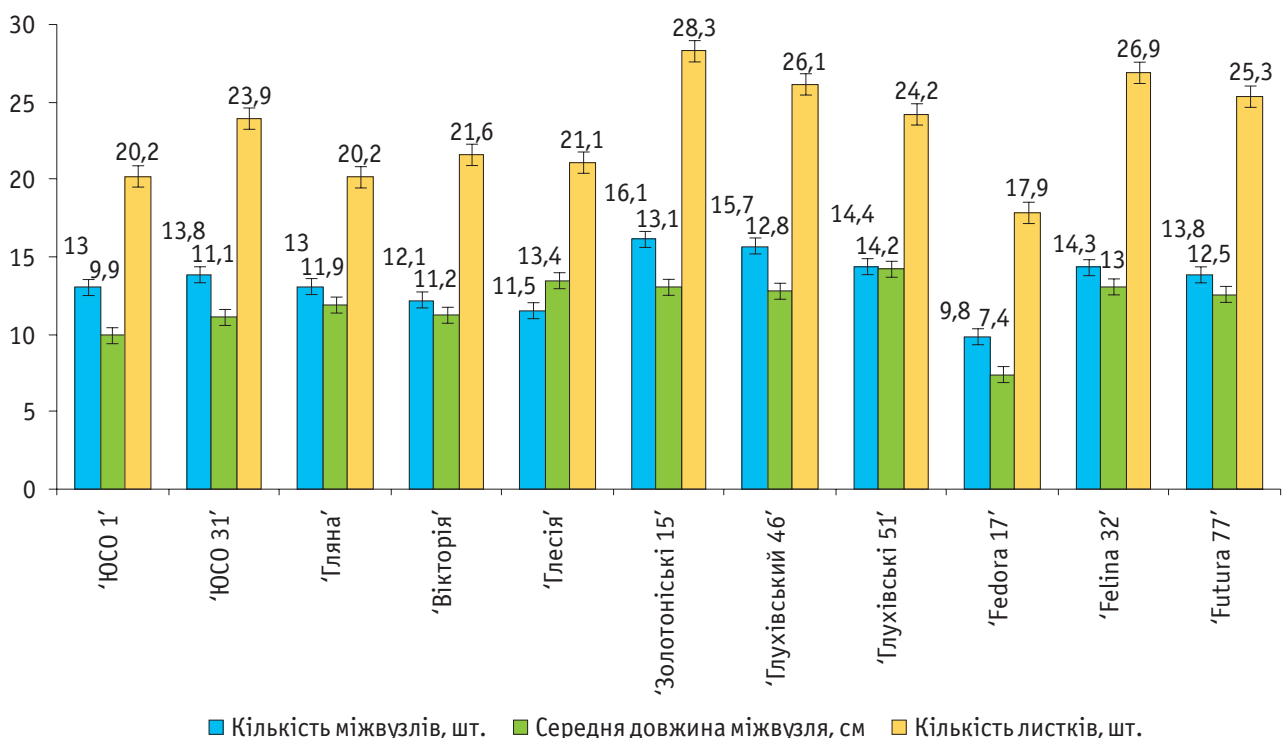


Рис. 7. Кількість листків та міжвузлів залежно від сортових особливостей рослин *C. sativa*

Середня кількість міжвузлів у рослин різних сортів суттєво відрізняється (до 1,7 раза). Найбільшу середню кількість міжвузлів відзначено в сорту 'Золотоніські 15' – 16,2 шт. Визначення кількості міжвузлів має значення для високоволокнистих сортів, оскільки впливає на якість отриманого волокна [14]. Найдовші міжвузля в сорту 'Глухівський 51' – 14,2 см. Також виявлено відмінність рослин різних сортів за кількістю листків: від 17,9 ('Fedora 17') до 28,3 шт. ('Золотоніські 15').

Стебло в рослин досліджуваних сортів пряме, галузнення – моноподіальне із супротивними пагонами, жорстко опушене, знизу округле, угорі має 4–6 граней. Його висота залежить від географічного походження сортів, а також від закріплення ознак карликовості або високорослості в потомстві, і може сягати 0,8–5,0 м, товщина – 3–40 мм. Стебло матірки вище й товстіше, містить більше лігнінів (рис. 8).

Поперечний зріз стебла проводили у фазі бутонізації. На цьому етапі росту й розвитку рослин усім досліджуваним сортам притаманний борозенчастий поперечний зріз стебла. Також можна чітко виокремити чотири шари тканин, що формують стебло. У рослин *C. sativa* найбільший інтерес викликає волокнистий шар стебла як джерело волоконної продукції.

Генеративні та вегетативні органи рослин *C. sativa* вкриті залозистими волосками, тому для дослідження структурної організації залоз та їх морфологічних ознак проаналізовано типові рослини сучасних сортів вітчизняної та зарубіжної селекції. Передусім сорти класифіковано за еколого-географічними групами та вмістом канабіноїдних сполук [15, 16].

До першої групи ввійшли сорти середньоросійського еколого-географічного типу: 'Гляна', 'Глесія', 'Вікторія', 'Глухівський 46', 'Глухівські 51'. 'ЮСО 31' – контрольний сорт, оскільки 'Гляна' та 'Вікторія' отримані з нього шляхом селекційних доборів. Водночас доборів на зниження вмісту канабіноїдних речовин з урахуванням кількісного та якісного складу залозистої системи не проводили. Сорт 'Гляна' отримано шляхом селекційних доборів на зменшення вмісту лише біологічно активного ТГК та поліпшення господарсько-цінних ознак – збільшення кількості й якості волокна й насіння. Сорт 'Вікторія' отримано шляхом добору на зменшення вмісту основних нейтральних канабіноїдів – ТГК, КБД, КБН з урахуванням ліпших господарсько-цінних ознак.

Сорт 'Глухівський 46' отримано із сорту *C. sativa* угорського походження 'Комполті'

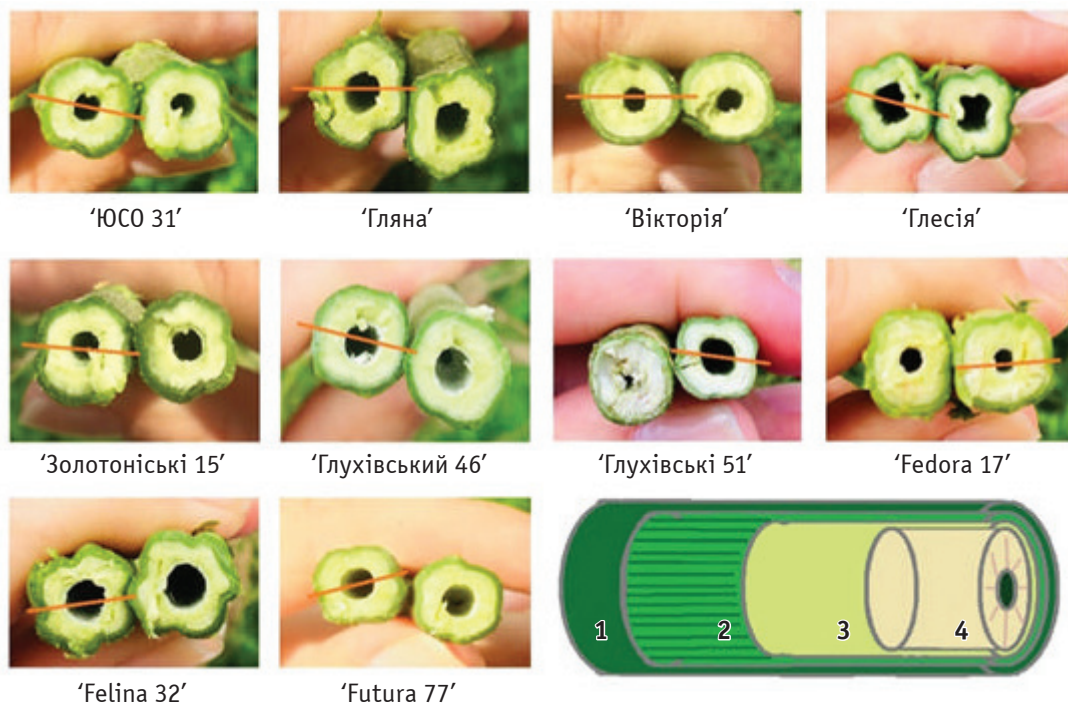


Рис. 8. Поперечний розріз стебла різних сортів *C. sativa*

Примітка. 1 – верхні тканини кори (епідерміс, коленхіма, корова паренхіма, ендодерміс, перицикл); 2 – волокнистий шар з первинним і вторинним шарами волокна, флоємна паренхіма, ситоподібні трубки; 3 – камбій; 4 – серцевина.

та 'ЮСО 29'. Він створений шляхом складної гібридизації між дво- та однодомним сортами з подальшим добром на зниження вмісту ТГК. Зазначені сорти різнилися за вмістом канабіноїдних речовин – КБД, ТГК, КБН.

До другої групи належать сорти 'Золотоніські 15' і 'ЮСО 31', які містили дещо більшу кількість канабіноїдних речовин – КБД, ТГК, КБН та мали значно вищий вміст кислот – КБДК та ТГКК. За вмістом канабіноїдних речовин у поодиноких рослинах цих сортів встановлено значні коливання.

Третю групу являли сорти зарубіжної селекції (Франція) з колекції ІЛК – 'Fedora 17', 'Felina 32' та 'Futura 77', які належать до південно-західного еколого-географічного типу з підвищеним, порівняно з вітчизняними сортами, вмістом канабіноїдних сполук.

У фазі формування трьох пар листків в усіх досліджених сортів *C. sativa*, незалежно від умов вирощування, спостерігалася формування видільних структур.

Цибулиноподібні залози виявлено лише в північних сортів 'Глухівський 46', 'Глухівський 51' та в південного 'Fedora 17' (рис. 9).

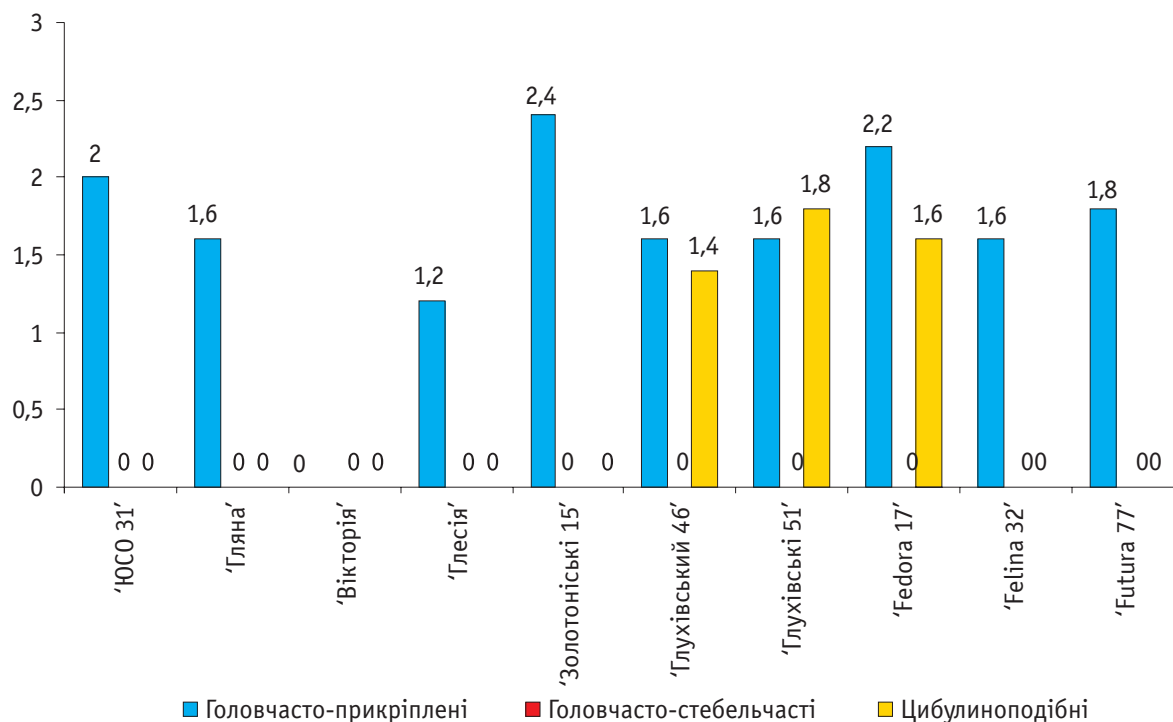


Рис. 9. Кількість залозистих волосків різних типів у сучасних сортів *C. sativa* у фазі формування трьох пар листків, шт. (польовий дослід)

Унаслідок мікроскопічного аналізу зразків виявлено, що цибулиноподібні залозисті волоски є найдрібнішими з представлених секреторних структур. Трихоми цього типу ідентифіковано на середніх жилках листків та листовій поверхні в деяких сортів, починаючи з фази формування двох та трьох пар листків. Секрет голівки залоз – прозорий, діаметр (Ш) – ~ 51,25 мкм (рис. 10).

Утворення «сидячих» залоз головчasto-прикріпленого типу зафіксовано в усіх досліджуваних сортів, окрім 'ЮСО 1' та 'Вікторія'.

Найбільшу кількість залоз цього типу відзначено в північних сортів 'Золотоніські 15', 'ЮСО 31' і 'Глухівський 51'. Головчasto-прикріплені залозисті волоски утворюються на ранніх етапах онтогенезу рослин. Вони ідентифіковані в усіх сортів, починаючи з фор-

мування двох та трьох пар листків (рис. 11). Це другі за чисельністю залозисті структури *C. sativa*. За діаметром відповідають голівкам залоз головчasto-стебельчastого типу (Ш ~ 98,2 мкм). Визначені залози з прозорим та молочно-білим секретом у голівках. Маємо припущення, що в процесі формування залозистої системи в онтогенезі рослин вони перетворюються в залози головчasto-стебельчastого типу шляхом утворення ніжки.

Починаючи з розвитку генеративних органів, відбувалося утворення здебільшого залоз головчasto-стебельчastого типів. Оцвітини північних сортів 'Гляна', 'Глесія', 'ЮСО 31' були густо вкриті залозами, передусім у головчasto-стебельчastого типу. У сорту 'Felina 32' залози обох типів утворювалися інтенсивніше.

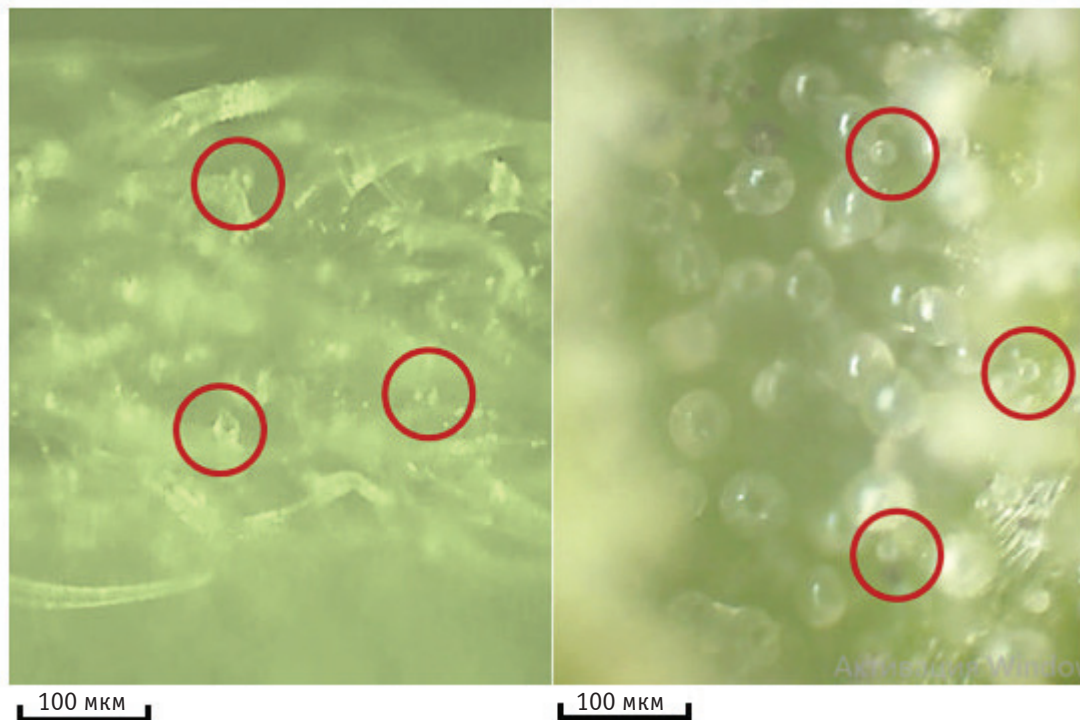
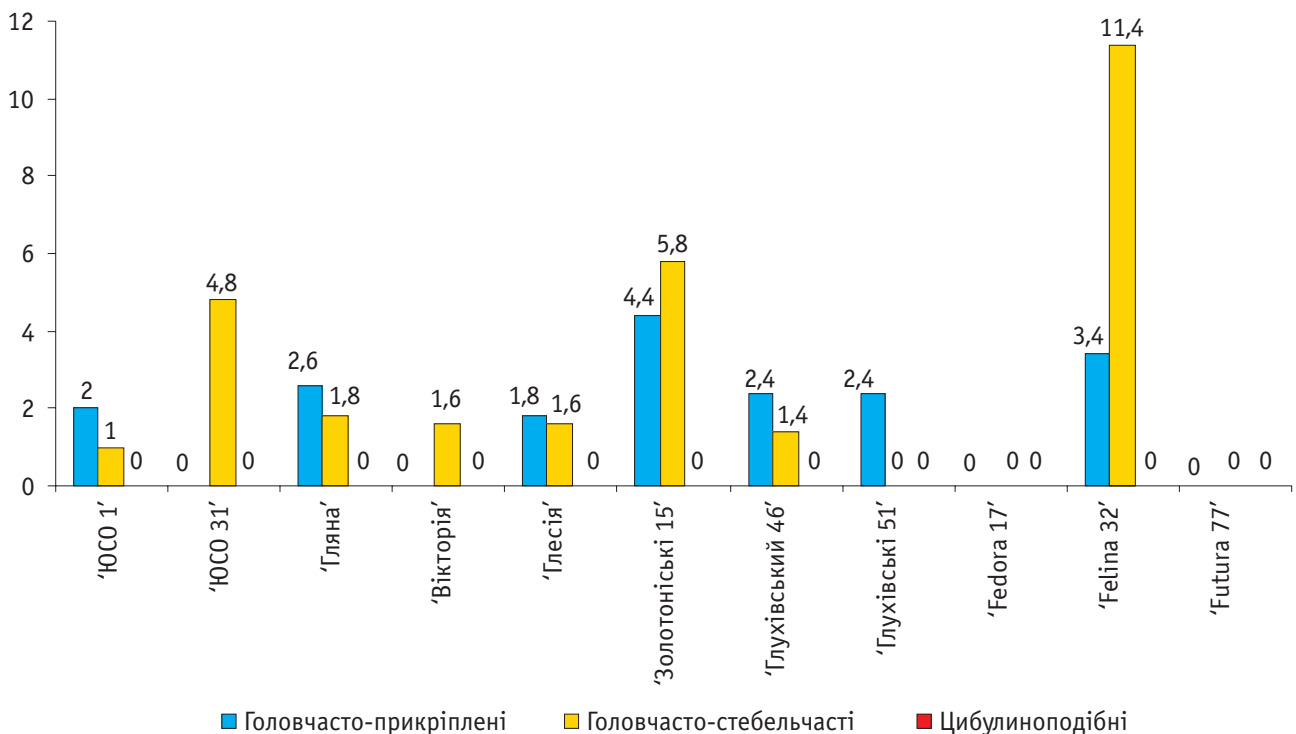


Рис. 10. Цибулиноподібні залози інтродукованого сорту 'Fedora 17'

Рис. 11. Кількість залозистих волосків різних типів у сучасних сортах *C. sativa* в період початку достигання насіння, шт. (польовий дослід)

Сорт 'Вікторія' за кількістю залоз на оцвітині й дрібних листках суцвіття значно відрізнявся від усіх проаналізованих зразків.

Головчато-стебельчасті залозисті волоски, ідентифіковані в усіх досліджуваних сортах, починаючи з фази початку бутонізації, рідко

трапляються в ранні періоди онтогенезу рослин (рис. 12).

За густотою покриття поверхні листка, формою ніжки та діаметром голівки (Ш ~ 115,4 мкм) вони відрізняються залежно від сорту. У період достигання насіння голівки залоз мають властивість всихати та відпада-

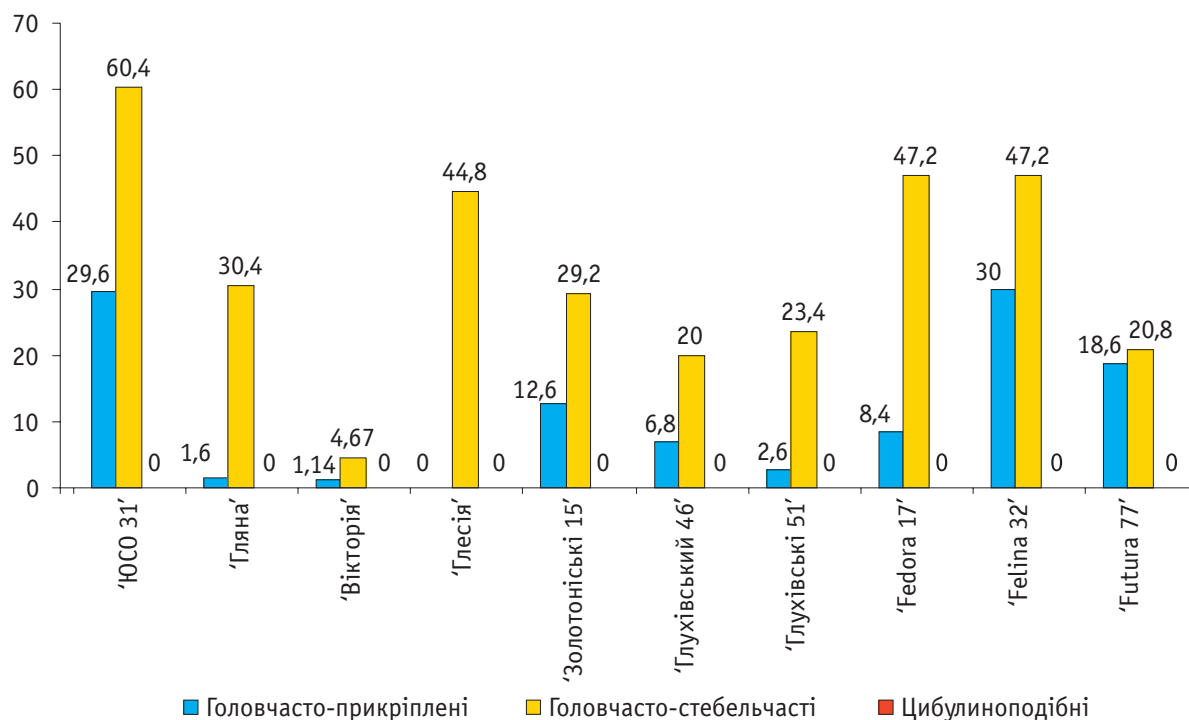


Рис. 12. Кількість залозистих волосків різних типів у сучасних сортів *C. sativa* у період досягання насіння, шт. (польовий дослід)

ти. Визначені залози з прозорим та молочно-білим секретом у голівках.

Отже, за результатами проведеного мікроскопічного аналізу було встановлено, що спеціалізовані видільні структури досліджених сортів різних еколого-географічних зон представлені залозами трьох типів – головчasto-прикріплені, головчasto-стебельчасті та цибулиноподібні. Починаючи з фази утворення двох пар справжніх листків, спеціалізовані видільні структури рослин формувалися нерівномірно й неодноразово. У польових умовах першими утворювалися поодинокі «сидячі» залози головчasto-прикріпленого типу. У деяких сортів формувалися цибулиноподібні залози ('Глухівський 46', 'Глухівські 51', 'Fedora 17'). З початком розвитку генеративних органів утворюються залози як головчasto-прикріпленого, так і головчasto-стебельчастого типів. Морфологічні особливості залоз головчasto-стебельчастого типу в сорту 'Вікторія' – довгі тонкі ніжки та слабо виражені голівки. На оцвітках на ранніх етапах їх формування утворюються здебільшого залози головчasto-прикріпленого типу, у період завершення їх розвитку – головчasto-стебельчасті. Імовірно відбувається перетворення головчasto-прикріплених залоз у головчasto-стебельчасті. На поверхні стебла та листках рослин досліджуваних сортів утворювались одноклітинні цистолітові волоски, які різнилися за формою та щільністю розташування. У південних сортів 'Fedora 17' і

'Felina 32' та північного 'Золотоніські 15' наявна значна кількість цистолітових волосків, що, імовірно, свідчить про їхню підвищену стійкість до впливу біо- та абіотичних чинників. У період формування двох пар листків у рослин досліджуваних сортів утворюються залози лише головчasto-прикріпленого типу, у яких накопичувалася канабідіолова кислота. Винятком є 'Futura 77', у якого на рівні з канабідіоловою кислотою виявлено тетрагідроканабінолову кислоту.[10].

Зважаючи на сучасні тенденції в селекції конопель, які пов'язані зі створенням сортів з високим вмістом канабідіолу (КБД), який має лікарські властивості, сорти 'Вікторія', 'Глухівський 46', 'Глухівські 51' являють значний інтерес для практичної селекційної роботи на підвищення вмісту КБД. Це дає змогу створювати сорти з підвищеним вмістом лікарського КБД за відсутності наркотичного ТГК.

Проведений хроматографічний аналіз вегетативних та генеративних органів конопель дає підставу вважати, що за співвідношенням вмісту канабіноїдних сполук ТГК, КБН і КБД сорти французької селекції ('Futura 77', 'Felina 32', 'Fedora 17') переважали вітчизняні сорти. Вважаємо, що із зазначеними сортами можлива подальша селекційна робота на збільшення вмісту КБД. Особливу селекційну цінність має сорт 'Felina 32', вміст КБД в якому є найвищим з

усіх досліджуваних зразків конопель. Водночас цей сорт містить значну кількість ТГК, що необхідно враховувати під час проведення подальших доборів.

Досліджувані однодомні сорти конопель класифіковано за хімічним фенотипом (за співвідношенням вмісту ТГК + КБН до КБД) (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння досліджуваних сортів однодомних конопель *C. sativa* за співвідношенням вмісту ТГК + КБН до КБД

Сорт	Фази росту й розвитку рослин			
	початок бутонізації		біологічна стиглість насіння	
	Органи рослин, узяті для аналізу			
	крупні листки	крупні листки	дрібні листки суцвіття	оцвітину
	величина співвідношення (ТГК + КБН) : КБД			
'Гляна'	0:0,1	0:0	0,4:0,83	0,6:0,85
'Вікторія'	0:0,25	0,1:0,9	0:0,025	–
'Глесія'	0:0,25	1,25:0,32	0:0,1	0,05:0,2
'Глухівський 46'	0:0,11	–	6,80:5,92	5,8:4,85
'Глухівські 51'	0:0,08	0:0,07	1,8:1,35	2:1,45
'ЮСО 31'	1,25:1,30	0,85:0,55	1,30:0,93	1,3:1,15
'Золотоніські 15'	–	1,28:1,63	1,9:1,75	5,6:3,15
'Fedora 17'	15,8:9,53	–	17,1:10	11,84:10
'Felina 32'	13,33:10	8,7:9	6,3:4,83	11,9:6,65
'Futura 77'	19:10	11,9:9,0	19:10	20:10

За цією класифікацією визначено окремі рослини сортів конопель із вищим вмістом КБД порівняно з іншими поодинокими рослинами. Останнє вказує на можливість використання деяких сортів у подальшій селекційній роботі на збільшення вмісту КБД.

За хімічним фенотипом із сортами 'Глухівський 46', 'Глухівські 51' і 'Вікторія' можлива подальша селекційна робота на збільшення вмісту КБД.

У сортів конопель 'ЮСО 31' і 'Золотоніські 15' визначено значну розбіжність між окремими рослинами за вмістом канабіноїд-

них речовин. Аналіз поодиноких рослин цих сортів дає змогу говорити про можливість селекційної роботи на збільшення вмісту КБД.

Французькі однодомні сорти 'Fedora 17', 'Felina 32' і 'Futura 77', порівняно з вітчизняними сортами, містили більшу кількість нейтральних речовин – КБД, ТГК і КБН та кислот. За результатами біохімічного аналізу доведено, що лише із сортом 'Felina 32' можлива подальша селекційна робота на зменшення вмісту ТГК та підвищення вмісту КБД (табл. 2).

Таблиця 2

Визначення перспективних сортів *C. sativa* за співвідношенням (КБН + ТГК) до КБД

Сорт	Фази росту й розвитку рослин			
	початок бутонізації		біологічна стиглість насіння	
	Органи рослин, узяті для аналізу			
	крупні листки	крупні листки	дрібні приквіткові листки	оцвітину
	величина співвідношення (ТГК + КБН) : КБД			
'ЮСО 31'	1,25:1,30	0,85:0,55	1,30:0,93	1,3:1,15
'Гляна'	0:0,1	0:0	0,4:0,83	0,6:0,85
'Вікторія'	0:0,25	0,1:0,9	0:0,025	0:0,05
'Глесія'	0:0,25	1,25:0,32	0:0,1	0,05:0,2
'Золотоніські 15'	0:0,07	1,28:1,63	1,9:1,75	5,6:3,15
'Глухівський 46'	0:0,11	0:0,4	6,80:5,92	5,8:4,85
'Глухівські 51'	0:0,08	0:0,07	1,8:1,35	2:1,45
'Fedora 17'	15,8:9,53	15,14:7,57	17,1:10	11,84:10
'Felina 32'	13,33:10	8,7:9	6,3:4,83	11,9:6,65
'Futura 77'	19:10	11,9:9,0	19:10	20:10

За оригінальною класифікаційною оцінкою визначено окремі рослини сортів з підвищеним вмістом КБД щодо інших поодиноких рослин, що свідчить про можливість вико-

ристання зазначених сортів у подальшій селекційній роботі для збільшення вмісту КБД.

За результатами співвідношення визначено сорти, придатні для подальшого підвищен-

ня вмісту КБД: передусім це ‘Гляна’, ‘Золотоніські 15’, ‘Глухівський 46’. В інтродукованих сортах ‘Fedora 17’, ‘Felina 32’, ‘Futura 77’ відзначено високий вміст усіх нейтральних компонентів. Робота на підвищення КБД у цих сортів можлива, але більш довготривала, що зумовлено високим вмістом психотоміметично активного ТГК.

Висновки

Установлено особливості сезонного ритму росту й розвитку рослин та морфобіологічні відмінності в однодомних сортах *C. sativa* в умовах Північного Сходу України. Тривалість вегетаційного періоду досліджуваних сортів обумовлена географічним типом їх походження. Вітчизняні сорти, які належать до північного географічного типу, завершують вегетацію раніше (третья декада серпня). Інтродуковані сорти – південного географічного типу, завершують вегетацію значно пізніше (третья декада вересня – перша декада жовтня). Північний сорт ‘Гляна’ характеризується найкоротшим періодом вегетації (128 діб), південний сорт ‘Fedora 17’ – найдовшим (167 діб).

Варіювання за показниками загальної висоти стебла, довжини кореня, черешка та прилистка, довжини й кількості міжвузлів, листків та листкових часток залежить від сортових особливостей рослин і онтогенезу. Рослини досягали максимальних ростових показників у фазі плодоношення.

За більшістю біометричних показників рослини інтродукованих сортів у нових умовах не поступаються вітчизняним, а за довжиною головного кореня (‘Felina 32’) та загальною висотою стебла (‘Fedora 17’) переважають їх. За довжиною та шириною листкової пластинки інтродукований сорт ‘Fedora 17’ характеризується найнижчими показниками.

Першими утворювалися поодинокі «сидячі» залози головчасто-прикріпленого типу. У деяких сортів формувалися цибулиноподібні залози (‘Глухівський 46’, ‘Глухівські 51’, ‘Fedora 17’). З початком розвитку генеративних органів, утворюються залози як головчасто-прикріпленого, так і головчасто-стебельчастого типу. Морфологічні особливості залоз головчасто-стебельчастого типу сорту ‘Вікторія’ – довгі тонкі ніжки та слабко виражені голівки.

На оцвітіннях на ранніх етапах їх формування здебільшого утворюються залози головчасто-прикріпленого типу, у період завершення їхнього розвитку – головчасто-стебельчасті. Імовірно відбувається перетворення

головчасто-прикріплених залоз у головчасто-стебельчасті.

Низький коефіцієнт кореляції між вмістом нейтральних речовин та кислот виявлено в сортів, які характеризуються невисоким вмістом канабіноїдних сполук. За розробленою власною класифікацією (ТГК+КБН) : КБД визначено сорти з переважальним вмістом КБД – ‘Глухівський 46’, ‘Золотоніські 15’, ‘Гляна’, які мають значну лікарську цінність.

Використана література

- Iseger T. A., Bossong M. G. A systematic review of the antipsychotic properties of cannabidiol in humans. *Schizophr. Res.* 2015. Vol. 162, Iss. 1–3. P. 153–161. doi: 10.1016/j.schres.2015.01.033
- Горшкова Л. М. Каннабіс. Част. 1. Глухів : ПБВ Глух. держ. пед. ун-ту, 2008. 151 с.
- Akhtar M. T., Shaari K., Verpoorte R. Biotransformation of Tetrahydrocannabinol. *Phytochem. Rev.* 2016. Vol. 15, Iss. 5. P. 921–934. doi: 10.1007/s11101-015-9438-9
- Мигаль М. Д. Біологія луб’яних волокон конопель. Суми : Папірус, 2011. 390 с.
- Todd A. R. Hashish. *Experientia.* 1946. Vol. 2, Iss. 2. P. 55–60. doi: 10.1007/BF02163886
- Lesma G., Consonni R., Gambaro V. et al. Cannabinoid-free *Cannabis sativa* L. grown in the Po valley: evaluation of fatty acid profile, antioxidant capacity and metabolic content. *Nat. Prod. Res.* 2014. Vol. 28, Iss. 21. P. 1801–1807. doi: 10.1080/14786419.2014.926354
- Burstein S. Cannabidiol (CBD) and its analogs: a review of their effects on inflammation. *Bioorg. Med. Chem.* 2015. Vol. 23, Iss. 7. P. 1377–1385. doi: 10.1016/j.bmc.2015.01.059
- Docimo T., Consonni R., Coraggio I., Mattana M. Early phenylpropanoid biosynthetic steps in *Cannabis sativa*: link between genes and metabolites. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. Vol. 14, Iss. 7. P. 13626–13644. doi: 10.3390/ijms140713626
- Мигаль М. Д., Ситник І. М., Лайко І. М. та ін. Методика експертизи сортів конопель (*Cannabis sativa* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. *Охорона прав на сорти рослин*. Київ, 2007. № 1, Част. 3. С. 51–63.
- Лайко И. М. Особенности оценки содержания каннабиноидов некоторых сортов однодомной конопли. *Селекция, технология выращивания и збирання луб’яних культур*. Глухів, 2001. Вип. 2. С. 46–50.
- Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. *Бюл. ГБС АН СССР*. 1979. Вып. 113. С. 3–8.
- Giacoppo S., Mandolino G., Galuppo M. et al. Cannabinoids: new promising agents in the treatment of neurological diseases. *Molecules.* 2014. Vol. 19, Iss. 11. P. 18781–18816. doi: 10.3390/molecules191118781
- Zirpel B., Stehle F., Kayser O. Production of Δ^9 -tetrahydrocannabinolic acid from cannabigerolic acid by whole cells of *Pichia (Komagataella) pastoris* expressing Δ^9 -tetrahydrocannabinolic acid synthase from *Cannabis sativa* L. *Biotechnol. Lett.* 2015. Vol. 37. P. 1869–1875. doi: 10.1007/s10529-015-1853-x
- Кмець І. Л. Особливості локалізації цистолітових волосків на вегетативних і генеративних органах конопель. *Аграрна наука виробництва* : зб. держ. наук.-практ. конф. «Новітні технології в рослинництві» (м. Біла Церква, 19 листопада 2011 р.). Біла Церква, 2011. С. 35–36.
- Кмець І. Л. Особливості розвитку залозистих волосків конопель і їх зв’язок з канабіноїдами та опушеністю вегетативних і генеративних органів. *Агротехнології для сталого виробництва конкурентноспроможної продукції* : наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (м. Київ, 29–30 листопада 2012 р.). Київ, 2012. С. 4–6.

16. Happyana N., Agnolet S., Muntendam R. et al. Analysis of cannabinoids in laser-microdissected trichomes of medicinal *Cannabis sativa* using LCMS and cryogenic NMR. *Phytochemistry*. 2013. Vol. 87. P. 51–59. doi: 10.1016/j.phytochem.2012.11.001

References

- Iseger, T. A., & Bossong, M. G. (2015). A systematic review of the antipsychotic properties of cannabidiol in humans. *Schizophr. Res.*, 162(1–3), 153–161. doi: 10.1016/j.schres.2015.01.033
- Horshkova, L. M. (2008). *Kannabis* [Cannabis]. (Part 1). Hluhiv: RVV GDPU. [in Ukrainian]
- Akhtar, M. T., Shaari, K., & Verpoorte, R. (2016). Biotransformation of Tetrahydrocannabinol. *Phytochem. Rev.*, 15(5), 921–934. doi: 10.1007/s11101-015-9438-9
- Myhal, M. D. (2011). *Biologiya lubianih volokon konopel* [Biology of hemp bast fibers]. Sumy: Papirus. [in Ukrainian]
- Todd, A. R. (1946). Hashish. *Experientia*, 2(2), 55–60. doi: 10.1007/BF02163886
- Lesma, G., Consonni, R., Gambaro, V., Remuzzi, C., Roda, G., Silvani, A., ... Visconti, G. L. (2014). Cannabinoid-free *Cannabis sativa* L. grown in the Po valley: evaluation of fatty acid profile, antioxidant capacity and metabolic content. *Nat. Prod. Res.*, 28(21), 1801–1807. doi: 10.1080/14786419.2014.926354
- Burstein, S. (2015). Cannabidiol (CBD) and its analogs: a review of their effects on inflammation. *Bioorg. Med. Chem.*, 23(7), 1377–1385. doi: 10.1016/j.bmc.2015.01.059
- Docimo, T., Consonni, R., Coraggio, I., & Mattana, M. (2013). Early phenylpropanoid biosynthetic steps in *Cannabis sativa*: link between genes and metabolites. *Int. J. Mol. Sci.*, 14(7), 13626–13644. doi: 10.3390/ijms140713626
- Myhal, M. D., Sytnyk, I. M., Laiko, I. M., Stupak, T. I., & Riabenka, L. A. (2007). Methods of examination of varieties of hemp (*Cannabis sativa* L.) for difference, homogeneity and stability. *Okhorona prav na sorty roslyn* [Protection of Plant Variety Rights], 1(3), 51–63. [in Ukrainian]
- Laiko, I. M. (2001). Features of cannabinoid content assessment of some varieties of monoecious hemp. In *Seleksiya, tekhnologiya vyroshchuvannya i zbyrannya lubianykh kultur* [Breeding, technology of growing and harvesting bast crops] (Vol. 2, pp. 46–50). Hlukhiv: N.p. [in Russian]
- Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR* [Methods of phenological observations in the botanical gardens of the USSR]. (1979). Byul. Glav. Botan. Sad. Moscow: Nauka. [in Russian]
- Giacoppo, S., Mandolino, G., Galuppo, M., Bramanti, P., & Mazon, E. (2014). Cannabinoids: new promising agents in the treatment of neurological diseases. *Molecules*, 19(11), 18781–18816. doi: 10.3390/molecules191118781
- Zirpel, B., Stehle, F., & Kayser, O. (2015). Production of Δ^9 -tetrahydrocannabinolic acid from cannabigerolic acid by whole cells of *Pichia* (Komagataella) pastoris expressing Δ^9 -tetrahydrocannabinolic acid synthase from *Cannabis sativa* L. *Bio-technol. Lett.*, 37, 1869–1875. doi: 10.1007/s10529-015-1853-x
- Kmec, I. L. (2011). Features of localization of cystolithic hairs on vegetative and generative organs of hemp. In *Agrarna nauka virobnictvu: zb. derzh. nauk.-prakt. konf. «Novitni tehnologiyi v roslinnictvi»* [Agrotechnologies for sustainable production of competitive products: collection of the state scientific-practical conference “The latest technologies in crop production”] (pp. 35–36). Nov. 19, 2011, Bila Tserkva, Ukraine. [in Ukrainian]
- Kmec, I. L. (2012). Features of development of glandular hairs of hemp and their connection with cannabinoids and pubescence of vegetative and generative organs. In *Ahrotekhnologii dlia staloho vyrobnytstva konkurentnospromozhnoi produktsii: nauk. prakt. konf. molodykh vchenykh i spetsialistiv* [Agrotechnologies for sustainable production of competitive products: science. practice. conf. young scientists and specialists] (pp. 4–6). Nov. 29–30, 2012, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
- Happyana, N., Agnolet, S., Muntendam, R., Van Dam, A., Schneider, B., & Kayser, O. (2013). Analysis of cannabinoids in laser-microdissected trichomes of medicinal *Cannabis sativa* using LCMS and cryogenic NMR. *Phytochemistry*, 87, 51–59. doi: 10.1016/j.phytochem.2012.11.001

UDC 633.522:633.99

Poliakova, A. S.^{1*}, Horshkova, L. M.¹, & Rakhmetov, D. B.² (2020). Features of the morphological structure of plants and biochemical properties of introduced and domestic varieties of *Cannabis sativa* L. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(4), 355–368. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224051>

¹Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University, 24 Kyievo-Moskovska St., Hlukhiv, Sumy region, 41400, Ukraine, *e-mail: lemma91@gmail.com

²M. M. Hryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 01014, Ukraine

Purpose. Identifying the features of the seasonal growth rhythm, development of the plants, morphological and biological differences in monoecious introduced and domestic varieties of *Cannabis sativa* L. in the North-east region of Ukraine. **Methods.** The research was conducted from 2014 till 2019. The following research methods were employed: field (phenological observations, sampling for laboratory analysis), microscopic (study of the morphological structure of glandular and cystolithic hairs on vegetative and generative organs, determination of the size and density of hair formation), laboratory and analytical (determination of the content of cannabinoid substances by thin layer and gas-liquid chromatography), biomorphological methods (analysis of morphological characteristics of plants). Chemical analysis for the content of cannabinoid substances was carried out in the laboratory of the breeding and seed production department of the Institute of Bast Crops of the NAAS of Ukraine (Glukhiv, 2014–2019). The content of neutral substances [cannabinol (CBN), cannabidiol (CBD), tetrahydrocannabinol (THC)] and acids (CBDA, THCA) was

determined by using a thin layer chromatography (TLC) and gas-liquid chromatography (GLC) methods. For the study, 11 monoecious varieties of *C. sativa*: ‘YuS0 1’, ‘YuS0 31’, ‘Hliana’, ‘Viktoriiia’, ‘Hlesiiia’, ‘Hlukhivskiy 46’, ‘Hlukhivskiy 51’, ‘Zolotoniskiy 15’ and 3 introduced varieties: ‘Fedora 17’, ‘Felina 32’, ‘Futura 77’ (France) which differed among themselves in morphological, biological, genetic, ecological-geographical and economically valuable characteristics were selected. **Results.** Biological and morphological characteristics of modern monoecious varieties of *C. sativa* were investigated depending on the ecological and geographical zones of origin, conditions of the growing season and the stage of ontogenesis. The functional interdependence between the formation of specialized excretory structures and the content of cannabinoid substances in plants of different varieties of *C. sativa* was revealed. The following promising varieties of *C. sativa* in a ration of ((THC + CBN) ≤ CBD) point the possibility to use them as the source material for creating the medicinal varieties of plants with a high content of CBD. **Conclusions.** Nowadays *C. sativa* is the main source of phyto material for indus-

trial production of natural CBD. In recent years, high-yielding varieties of *C. sativa* have been created, which, together with high commercially valuable traits, did not contain psychoactive THC and had an insignificant amount of CBD. The results of the research indicated the features of the seasonal growth rhythm, development of the plants and the morphological and biological features of modern monoecious introduced and domestic varieties of *C. sativa* in the North-east region of Ukraine. The low correlation between the content of canna-

binoid substances and their acids in varieties, which are characterized by the low content of cannabinoid compounds was established. According to the developed own classification (THC + KBN): CBD, varieties with a predominant CBD content 'Hlukhivskyi 46', 'Zolotoniski 15', 'Hliana' which are of significant medicinal value were identified.

Keywords: *Cannabis sativa* L.; domestic and introduced varieties; biological and morphological features; cannabinoids (CBD, THC, CBN).

Надійшла / Received 20.10.2020

Погоджено до друку / Accepted 10.12.2020