МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

КАБАНЕЦЬ ВІКТОР МИХАЙЛОВИЧ

УДК: 633.522 : 631.5

АГРОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ КУЛЬТУРИ КОНОПЕЛЬ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

06.01.09 – рослинництво

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук

Науковий консультант:
Рудник-Іващенко Ольга Іванівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН України

Суми - 2021

АНОТАЦІЯ

Кабанець В. М. Агротехнологічне обґрунтування реалізації потенціалу культури конопель в умовах північно-східного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – «Рослинництво» – Сумський національний аграрний університет МОН України, Суми, 2021.

У дисертації наведено результати експериментальних досліджень, спрямованих на формування теоретичної основи та практичного вирішення завдання з підвищення ефективності культури конопель шляхом її технологічної диференціації. Проблему вирішено шляхом використання особливостей росту рослин та формування урожаю в посівах конопель, розробки базових параметрів для технологій двобічного використання урожаю, технологій, спрямованих на одержання товарного насіння, формування фітомеліоративних посівів та монокультури конопель.

За результатами даних метеоспостережень та показників середньої урожайності конопель було проведено оцінювання вегетаційних періодів 2009-2017 років. Визначено умови сприятливі для реалізації потенціалу культури в зоні досліджень.

Відзначено переважання в Україні технологій (та сортового забезпечення) двобічного використання урожаю конопель. В умовах польових дослідів оцінено динаміку надходження, поглинання та відбивання потоку енергії ФАР посівами із різною передзбиральною густотою рослин. В умовах зони досліджень поглинання енергії потоку ФАР станом на 24.05; 24.06; 24.07; 24.08 та 24.09 становила в середньому 41,0; 68,1; 84,8; 79,9 та 66,4 % від падаючого потоку ФАР. Найвищий рівень поглинання енергії ФАР забезпечувався посівами з розрахунковою густотою рослин 2,0 та 2,5 млн шт/га. Невідповідність дат максимального надходження та максимального поглинання

ФАР посівами, залежно від погодних умов років досліджень, складала від 18 до 24 діб. Запропоновано шляхи зміщення генеративних фаз розвитку на більш ранні строки.

За стійкістю до повторного забур'янення посіву, урожайністю соломи (7,2 т/га), насіння (1,4 т/га) та комплексу показників якості волокна найбільш оптимальним варіантом при двобічному використанні урожаю було формування посіву на розрахункову густоту 2,0 млн шт/га.

Визначено умови та динаміку повторного забур'янення залежно від густоти посівів. Критичним для процесів повторного забур'янення було поглинання посівом конопель менше 80 % потоку ФАР, що відповідає розрахунковій густоті посіву менше 2,0 млн рослин/га.

Проведена ідентифікація сортів конопель за показниками вмісту і структури хлорофілу, комплексом фотофізичних параметрів листкового апарату рослин. Найвищий рівень потенційної жаростійкості за показником фотофізичних процесів у хлоропластах проявили сорти Глесія та Гляна. Останній сорт мав кращі у досліді показники водоутримуючої здатності клітин. Втрата води із клітин цього сорту через 6 годин не перевищувала 40 %.

Діапазон вмісту хлорофілу у різних сортах конопель склав 2,6 – 4,9 мг/г або 1,8 – 3,2 мг/дм^2 листкової поверхні. Максимальну частку «тіневитривалого» хлорофілу b мали сорти Глухівські 85, Золотоніські 15 та Глухівські 51– 31,3; 30,3 та 30,2 % відповідно. Найвищу концентрацію хлорофілу b у нижньому ярусі листків – 1,9 мг/г або 38,9 % від загальної кількості мав сорт Глухівські 51.

Фітомеліоративні характеристики культури конопель оцінювалися за результатами польових та лабораторних досліджень щодо вмісту основних хімічних елементів у соломі та насінні залежно від сорту, способів сівби та строків збирання. Встановлено, що в умовах зони досліджень одна тонна урожаю соломи містить: калію 6,65–4,11 кг; фосфору 1,160,18 кг; магнію 0,76–0,46 кг. Урожаю насіння – калію 12,65–7,12 кг; фосфору 3,76–2,99 кг;

кальцію 9,35–6,35 кг. Обгрунтовано необхідність застосування магнію та цинку, як мікроелементів при вирощуванні товарного насіння.

Розраховано значення коефіцієнта біологічного накопичення у надземній частині рослин конопель. Значення коефіцієнта склали 0,58 для стронцію, 0,66 та 0,39 сумарно для груп високотоксичних та середньотоксичних важких металів відповідно.

Виявлено суттєві відмінності сумарних показників винесення токсичних елементів із одиниці площі залежно від сорту, умов вирощування та фази збирання. Максимальний рівень винесення із ґрунту стронцію (262,38 г/га) забезпечували суцільні посіви сорту Гляна, зібрані у фазі біологічної стиглості. Найвищі сумарні показники винесення для груп високотоксичних – 145,65 г/га та середньотоксичних важких металів – 47,15 г/га було відмічено у широкорядних посівах сорту Гляна, зібраних у фазі біологічної стиглості.

Теоретично обґрунтовано виробничу доцільність вирощування конопель у монокультурі. Проведено оцінювання параметрів урожайності та агрохімічних показників ґрунту при беззмінному вирощуванні зеленцевих посівів конопель протягом 2009 – 2013 років. Досліджено вісім варіантів із різними дозами внесення мінеральних добрив та гною. Встановлено, що позитивний або стабільний баланс гумусу та основних макроелементів на ділянках монокультури забезпечується щорічним внесенням органічних добрив нормою більше 40 т/га або комплексним внесенням органічних добрив дозою 20 т/га та мінеральних добрив дозою $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг д. р. /га. За цих умов урожайність соломи склала 7,0 – 7,2 т/га.

Визначено оптимальні норми висіву насіння та норми внесення мінеральних добрив посівів для отримання товарного насіння. На основі моделей формування кінцевої густоти рослин у широкорядних посівах було розраховано поправкові коефіцієнти для норм висіву насіння залежно від норми мінеральних добрив. Максимальне значення коефіцієнта 1,2 мали посіви з

мінімальною нормою добрив – $N_{15}P_{15}K_{15}$. Зі збільшенням норми мінеральних добрив значення коефіцієнта зменшувалося. Мінімальне значення поправкового коефіцієнта – 1,07 мали посіви з нормою добрив $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$

Проаналізовано динаміку параметрів структури урожаю в широкорядних посівах на рівні окремих рослин та посіву в цілому. Обґрунтовано твердження, що основним обмежуючим фактором зростання урожайності насіння конопель у широкорядних посівах є недостатній рівень реакції рослин (за насіннєвою продуктивністю) на збільшення площі живлення. За результатами польового досліду було встановлено, що зменшення норми висіву насіння менше 0,25 млн шт/га не компенсується суттєвим зростанням індивідуальної насіннєвої продуктивності рослин. Діапазон продуктивності рослин за такої норми висіву при внесенні різних норм мінеральних добрив склав від 6,9 до 10,2 г/рослину.

Проаналізовано ефективність технологічних важелів збільшення частки основного урожаю (насіння). Максимальна частка урожаю насіння як основної продукції 26,1 % від загальної фітомаси забезпечувалася використанням норми висіву 0,25 млн шт/га. Зниження норми висіву до 0,125 млн шт/га або збільшення до 0,5 млн шт/га супроводжувалося зменшенням частки основного урожаю до 19,9 та 22,5 % відповідно.

Найвищу економічну ефективність забезпечують посіви конопель для отримання товарного насіння. Максимальний рівень рентабельності 126,0 – 225,6 %. забезпечує варіант із нормою висіву 0,25 млн шт/га та внесенням мінеральних добрив нормою $N_{15}P_{15}K_{15.}$ Найвищі значення показників економічної ефективності (рентабельність – 169,2 %) технології на двобічне використання забезпечують посіви, сформовані на кінцеву густоту рослин 1,0 млн шт/га. Вирощування зеленцевих посівів конопель в умовах монокультури, що підтримує позитивний або стабільний баланс гумусу й

основних макроелементів, забезпечує рівень рентабельності на рівні 5, 4 % за умови комплексного внесення гною нормою 20 т/га та мінеральних добрив нормою $N_{60}P_{45}K_{45}$. Інші схеми підтримання монокультури економічно необґрунтовані або не забезпечують бездефіцитний баланс гумусу та основних макроелементів.

Результати досліджень були впроваджені в 2017–2020 роках у коноплесіючих господарствах Сумської, Полтавської й Харківської областей та агрофірмі «Soliariya» Литовської республіки. Матеріали дисертації використані у робочих програмах навчальних дисциплін спеціальності 201 «Агрономія» у Сумському національному аграрному університеті, Харківському національному аграрному університеті ім. В. В. Докучаєва, Полтавській державній аграрній академії.

Ключові слова*:* коноплі, технології вирощування, вміст хлорофілів, коефіцієнт біологічного накопичення, урожайність, якість врожаю, монокультура.

ANNOTATION

Kabanets V. M. Agrotechnological substantiation for realizing the hemp potential in the conditions of North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for the Doctor Degree in Agricultural Sciences: Specialty 06.01.09 “Plant Growing”. – Sumy National Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2021.

The dissertation presents the results of experimental research aimed at forming the theoretical basis and practical solution to the problem of improving the efficiency of hemp crop through its technological differentiation. The problem was solved by using the features of plant growth and crop formation in hemp, development of basic parameters for technologies of bilateral crop use, technologies aimed at obtaining marketable seeds, formation of phytomeliorative crops and monoculture of hemp.

According to the results of meteorological observations and average hemp yields, the vegetation periods of 2009-2017 were estimated. Conditions favorable for the crop potential realization in the research area are determined.

In the conditions of the research zone the energy absorption of PAR on the 24.05; 24.06; 24.07; 24.08 and 24.09 averaged 41,0; 68,1; 84,8; 79,9 and 66,4 % of the total flux of PAR. The highest level of PAR energy absorption was provided by crops with an estimated plant density of 2,0 and 2,5 million units per hectare. The discrepancy between the dates of maximum input and maximum absorption of PAR by crops, depending on the weather conditions of the research years, ranged from 18 to 24 days. Ways to shift the generative phases of development to earlier dates are proposed.

In terms of resistance to re-weeding of crops, straw yield (7,2 t/ha), seeds yield (1,4 t/ha), and a set of fiber quality indicators, the most optimal option for bilateral use of the crop was the formation of crops at an estimated density of 2,0 million units per hectare.

The dynamics of input, absorption and reflection of energy flow of photosynthetic active radiation by crops with different pre-harvest density was estimated. Critical for the re-weeding processes was the absorption by hemp crops less than 80 % of the PAR stream, which corresponds to the estimated crop density of less than 2,0 million plants per hectare.

The conditions and dynamics of re-weeding depending on the density of crops were determined. The identification of hemp varieties according to the indicators of chlorophyll content and structure by the complex of photophysical parameters of the plant leaves was carried out.

The highest level of potential heat resistance in terms of photophysical processes in chloroplasts showed varieties Glesia and Glyana. The latter variety had the best in the experiment indicators of water holding capacity of cells. The loss of water from the cells of this variety after 6 hours did not exceed 40 %.

The range of chlorophyll content in different varieties of hemp was 2,6 – 4,9 mg/g or 1,8 – 3,2 mg/dm^2 of leaf surface. The maximum share of "shade-tolerant" chlorophyll b had varieties Glukhivsky 85, Zolotonosha 15 and Glukhivsky 51–31,3; 30,3 and 30,2 %, respectively. The highest concentration of chlorophyll b in the lower tier of leaves – 1,9 mg/g or 38,9 % of the total had the variety Glukhivsky 51.

Phytomeliorative characteristics of hemp were evaluated by the results of field and laboratory studies on the content of basic chemical elements in straw and seeds depending on the variety, sowing methods and harvesting dates. It is established that in the conditions of the research zone one ton of straw harvest contains: potassium 6,65–4,11 kg; phosphorus 1,16–0,18 kg; magnesium 0,76–0,46 kg. Seed yield – potassium 12,65–7,12 kg; phosphorus 3,76–2,99 kg; calcium 9,35–6,35 kg. The necessity of using magnesium and zinc as microelements in the cultivation of commercial seeds is substantiated.

Indicators and range of basic elements content in straw and hemp seeds were determined. The coefficient value of biological accumulation of radioactive elements and heavy metals in the aboveground part of plants was calculated. Significant differences in the total indicators of toxic elements removal per unit area depending on the variety, growth conditions and harvesting phase were revealed.

The maximum level of strontium removal from the soil (262,38 g/ha) was provided by continuous crops of Glyana variety, collected in the phase of biological maturity. The highest total removal rates for the groups of highly toxic – 145,65 g/ha and moderately toxic heavy metals – 47,15 g/ha were observed in wide-row crops of Glyana variety, collected in the phase of biological maturity.

The production expediency of growing hemp in monoculture is theoretically substantiated. The evaluation of yield parameters and agrochemical indicators of soil at constant cultivation of hemp crops of fibrous direction use during 2009 – 2013 is carried out. Eight variants with different doses of mineral fertilizers and manure were studied.

The growth parameters of fibrous hemp in monoculture were established. Positive or stable balance of humus and basic macronutrients in monoculture plots was ensured by annual application of organic fertilizers at rate above 40 t/ha or complex application of organic fertilizers at the rate of 20 t/ha + and mineral fertilizers at the rate of $N_{60}P_{45}K_{45}$ per hectare.

The optimal rates of sowing and mineral fertilizers application for obtaining marketable seeds were established. On the basis formation model of final plant density in wide-row crops the correction coefficients for sowing rate depending on the rate of mineral fertilizers were calculated.

The maximum value of the coefficient of 1,2 had crops with a minimum rate of fertilizers – $N_{15}P_{15}K_{15}$. As the rate of mineral fertilizers increased, the value of the coefficient decreased. The minimum value of the correction coefficient – 1,07 had crops with fertilizer rate $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$.

The dynamics of crop structure parameters in wide-row crops at the level of individual plants and crops was analyzed. It was substantiated that the main limiting factor for the increase of seed yield in wide-row crops was the insufficient level of plant reaction (in terms of seed productivity) to the growth of the nutrition area.

According to the results of the field experiment, it was found that the decrease in the seeding rate of less than 0,25 million units/ha is not compensated by a significant increase in individual seed productivity of plants. The range of plant productivity at this sowing rate when applying different rates of mineral fertilizers ranged from 6,9 to 10,2 g/plant.

The efficiency of technological levers of increasing the share of the main yield (seeds) is analyzed. The maximum share of seed yield as the main product of 26,1 % of the total phytomass was provided by the sowing rate of 0.25 million units/ha. The decrease in the sowing rate to 0,125 million units/ha or the increase to 0,5 million units/ha was accompanied by a decrease in the share of the main crop to 19,9 and 22,5 %, respectively.

The highest economic efficiency is provided by crops of hemp for receiving commodity seeds. The maximum level of profitability of 126,0 – 225,6 % is provided by the option with a sowing rate of 0,25 million units/ha and the application of mineral fertilizers at the rate of $N_{15}P_{15}K_{15}$. The highest values of indicators of economic efficiency (profitability – 169,2 %) of technology for bilateral use are provided by the crops formed on final density of plants of 1,0 million units/ha. Cultivation of hemp of fibrous direction of use in monoculture, which maintains a positive or stable balance of humus and basic macronutrients, provides a level of profitability at 5,4 % subject to complex application of manure at 20 t/ha and mineral fertilizers at $N_{60}P_{45}K_{45}$. Other schemes for maintaining monoculture are economically unreasonable or do not provide a deficit-free balance of humus and basic macronutrients.

The research results were implemented in 2017–2020 in cannabis farms of Sumy, Poltava and Kharkiv regions and the agricultural firm "Solariya" of the Republic of Lithuania. The materials of the dissertation are used in the working programs of the disciplines of the specialty 201 "Agronomy" in Sumy National Agrarian University, Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Poltava State Agrarian Academy.

Key words: hemp, cultivation technology, chlorophyll content, biological accumulation coefficient, yield, quality, monoculture.

Список публікацій здобувача

Монографії

1. Кабанець В. М. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України : монографія / редкол.: М.В. Зубець (голова) та ін. К.: Аграрна наука, 2010. 986 с. С. 333-335 *(0,5 % авторства, написання підрозділу, 3 стор.).*

2. Кабанець В. М. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західному регіоні України : монографія / редкол.: М.В. Зубець

(голова) та ін. К.: Аграрна наука, 2010. 944 с. С. 268-272 *(0,5 % авторства, написання підрозділу, 4 сторінки).*

3. Коноплі: монографія / [Автори]; за ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. 384 с. С. 8–14, 49–77, 172–215, 337–360. *(15 % авторства, написання розділів, 100 стор).*

4. Федоренко В. П., Кабанець В. В., Кабанець В. М. Шкідники конопель посівних : монографія. Суми. ФОП «Щербина І.В.», 2016. 192 с. *(10 % авторства, планування експериментів, узагальнення результатів).*

5. Трансфер інноваційних технологій в агропромислове виробництво регіонів України : монографія / Я. М Гадзало, А. В. Балян, С. А. Володін, В. М. Польовий, Г. В. Спаський, І. М. Семеняка, В. М. Кабанець, В. С. Осадчук, О. О. Вінюков, Р. А. Вожегова, І. М. Криворучко, Ю. М. Носенко, О. В. Вербова, К. І. Шейко, В. А. Георгієв, О. І. Чекамова, М. М. Русняк / за ред. Я. М. Гадзало, А. В. Балян,С. А. Володін. К.: Аграрна наука, 2016. 244 с. *(5 % авторства, планування й виконання експериментів, узагальнення результатів).*

6. Агроекономічні та екологічні аспекти встановлення оптимального рівня врожайності нових сортів сільськогосподарських культур : монографія / О. В. Харченко, В. І. Прасол, В. М. Кабанець, М. Г. Собко / за ред. О. В. Харченко. Суми. ФОП «Щербина І.В.», 2017. 154 с. С. 74–81 (*5 % авторства, написання розділу* , 8 стор.).

7. Бізнес-планування розвитку сільськогосподарського виробництва в умовах Північного Сходу України : монографія / за заг. ред. В. М. Кабанця, А. В. Чупіса. Суми. ВВП «Мрія-1», 2018. 280 с. *(20 % авторства, узагальнення результатів, написання монографії).*

8. Rudnyk-Ivashchenko O. I., Kabanets V. M., Mykhalska L. M., Schwartau V. V. Metal Toxicity in Higher Plants. Determination of Metal Content in Two Genotypes of *Cannabis sativa* L. under Different Environmental Conditions through ICP-MS Analysis. Nova, 2020. 268 p. P. 214–235 *(2 % авторства, написання розділу, 22 стор.).*

Статті у фахових виданнях України

9. Кабанець В. М., Мигаль М. Д. Сучасні селекційно-генетичні дослідження конопель. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2009. № 8. С. 50–53. *(50 % авторства: планування й виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

10. Кабанець В. М. Галузі льонарства та коноплярства України: стан та перспективи. *Збірник наукових праць Інституту луб'яних культур УААН*. Глухів, 2009. Вип. 5. С. 3–7.

11. Кабанець В. М., Мигаль М. Д. Ідентифікація сортів конопель за морфологічними ознаками. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2011. № 10. С. 42–44. *(50 % авторства: планування й виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

12. Кабанець В. М., Мигаль М. Д., Конопля К. В. Вплив внутрішніх факторів рослин конопель на насіннєву продуктивність. *Збірник наукових праць Інституту луб'яних культур та ФФС НААН*. Глухів, 2011. Вип. 1 (6). С. 21–40. *(35 % авторства: планування й виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

13. Кабанець В. М., Вировець В. Г., Лайко І. М. Досягнення і перспективи селекції конопель на підвищення насіннєвої продуктивності. *Збірник наукових праць «Луб'яні та технічні культури»*. Глухів, 2012. Вип. 2 (7). С. 13–27. *(30 % авторства: планування й виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

14. Кабанець В. М. Вплив світлових режимів на якість волокна конопель. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2017. № 4. С. 23–27.

15. Кабанець В. М. Особливості світлових режимів у посівах конопель посівних. *Вісник Сумського НАУ, серія «Агрономія і біологія»*. Суми, 2016. Вип. 9 (32). С. 101–106.

16. Кабанець В. М. Вплив добрив і норм висіву насіння на продуктивність рослин конопель сорту Гляна. Збірник наукових праць «Агропромислове виробництво Полісся». Житомир, 2017. № 10. С. 42–45.

17. Кабанець В. М. Коноплі посівні – фітомеліоративна культура. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. Біла Церква, 2017. № 2 (135). С. 142–149.

18. Кабанець В. М. Формування параметрів посівів рослин конопель сорту Гляна залежно від технологічних заходів. *Науково-виробничий журнал «Вісник Уманського національного університету садівництва».* Умань, 2017. № 2. С. 36–40.

19. Кабанець В. М., Швартау В. В., Матус В. М., Михальська Л. М. Фітомеліоративні властивості рослин *Cannabis sativa* L. залежно від сортових особливостей культури. *Науково-практичний журнал «Plant Varieties Studying and Protection» («Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин»), Український інститут експертизи сортів рослин.* Київ, 2017. Том 13. № 4. С. 423–428. *(25 % авторства: планування й виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

20. Кабанець В. М. Мінливість біометричних показників рослин конопель сорту Гляна за умов вирощування. *Науково-практичний журнал «Таврійський науковий вісник», Херсонський державний аграрний університет*. Херсон, 2018. Випуск 99. С. 52–60.

21. Кабанець В. М. Вплив мікроелементів та вапнування на окупність добрив при вирощуванні конопель посівних в монокультурі. *Збірник наукових праць «Луб'яні та технічні культури»*. Глухів, 2017. Випуск 5 (10). С. 163–168.

22. Кабанець В. М. Функціональна діагностика адаптованості рослин *Canabis* до умов посухи. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошуване землеробство».* Херсон, 2017. Вип. 68. С. 17–22.

23. Кабанець В. М. Динаміка формування пігментів у листках рослин *Cannabis sativa* L. за фазами розвитку. *Науково-теоретичне видання «Агроекологічний журнал».* Київ, 2018. Вип. 1. С. 102–107.

24. Кабанець В. М. Вплив параметрів світлового потоку на формування повторного забур'янення конопель посівних. *Вісник Сумського НАУ, серія «Агрономія і біологія».* Суми, 2020. Вип. 1 (39). С. 101–107.

25. Кабанець В. М., Бердін С. І. Вплив беззмінних посівів конопель посівних на агрохімічні показники орного шару ґрунту. *«Аграрні інновації»*. Херсон, 2020. № 3. С. 33–39. *(80 % авторства: планування й виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

Статті у міжнародних виданнях

26. Kabanets Viktor, Hiliazetdinov Rubil, Zhuplatova Liudmyla. Activities of the Institute of Bast Crops of the National Academy of Agrarian Sciences, Ukraine. *«Euroflax».* Poznan, Poland, 2010. № 1 (33). P. 13–14. (*35 % авторства: планування та виконання досліджень, узагальнення результатів, написання статті*).

27. Kabanets V. Influence of agro-technical measures on the accumulation of cadmium (Cd) by hemp plants. *«Danish Scientific Journal».* København V, Denmark, 2020. Vol. 2. № 37. P. 5–7.

28. Kabanets V. Influence of variety features of hemp on dynamics of water deficit of leaf tissues. «*Danish Scientific Journal».* København V, Denmark, 2020. Vol. 2. № 42. P. 3–6.

Рекомендації

29. Кабанець В. М., Гілятзедінов Р. Н., Коваленко О. Л., Кулик В. М. Рекомендації по вирощуванню льону-довгунця і конопель різних напрямків використання (науково-практичні рекомендації). Глухів. ДСЛК ІСГПС НААН, 2013. 16 с. *(25 % авторства: планування, виконання експериментів, написання).*

30. Кабанець В. М., Кабанець В. В. Особливості вирощування конопель посівних на зерно в умовах північно-східного Лісостепу України (методичні рекомендації). Сад. ІСГПС НААН, 2018. 32 с. *(50 % авторства: планування, виконання експериментів, написання).*

31. Кабанець В. М., Кабанець В. В., Півторайко В. В. Особливості захисту конопель посівних, льону-довгунця та льону олійного від шкідливих комах в умовах північно-східного регіону України (науково-практичні рекомендації). Сад. ІСГПС НААН, 2018. 20 с. *(30 % авторства: планування, виконання експериментів, написання).*

32. Кабанець В. М., Кабанець В. В., Півторайко В. В. Науково-практичні рекомендації по оцінці стійкості сучасних генотипів конопель посівних, льону-довгунця та льону олійного до пошкоджень основними комахами-фітофагами (науково-практичні рекомендації). Сад. ІСГПС НААН, 2020. 20 с. *(30 % авторства: планування, виконання експериментів, написання).*

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

33. Кабанець В. М. Сучасний стан галузей льонарства й коноплярства України. *«Проблеми і перспективи розвитку галузей льонарства та коноплярства»* : матеріали міжнар. науково-практичної конференції (Глухів, 10-12 лютого 2009 р.). Глухів, 2011. С. 10–15.

34. Кабанець В. М. Стратегія відновлення галузей льонарства і коноплярства України. *Шляхи відродження галузей льонарства і коноплярства та підвищення ефективності їх наукового забезпечення*: матеріали міжнар. наук.-практ.конф. (м. Глухів, 8-10 лютого 2011 р.). Суми, 2012. С. 3–8.

35. Кабанець В. М. Сучасний стан та напрямки використання промислових конопель. *«Гончарівські читання»*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 84-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем’яновича (м. Суми, 28 травня 2013 р.). м. Суми, 2013. С. 124–126.

36. Кабанець В. М. Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН – багатогалузева наукова установ. Матеріали *обласної наукової конференції молодих вчених та аспірантів* (с. Сад, 21 листопада 2016 р.). Суми, 2016. С. 5–6.

37. Кабанець В. М. Вплив генотипу на формування врожаю конопель посівних. *«Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України»* : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю утворення Сумської області (с. Сад, 20-21 лютого 2014 р.). Суми, 2016. С. 134–135.

38. Кабанець В. М., Кабанець В. В. Сучасні сорти конопель посівних для різних напрямків використання. *«Гончарівські читання»*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 84-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича (м. Суми, 26-27 травня 2016 р.). Суми, 2016. С. 42–43. *(50 % авторства: планування та виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

39. Кабанець В. М. Особливості накопичення стронцію (SR) рослинами конопель посівних. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (м. Дніпро, 25-26 травня 2017 р.). Дніпро, 2017. С. 102–104.

40. Кабанець В. М. Таксономія видів роду CANNABIS та історія її систематики. *«Сучасний стан та гармонізація назв культурних рослин у системі UPOV»* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 13 жовтня 2017 р.). Вінниця, 2017. С. 20–22.

41. Кабанець В. В., Кабанець В. М. Шкідливі клопи травостою конопель посівних у північно-східній Україні. *«Ентомологічні читання пам'яті видатних вчених-ентомологів В. П. Васильєва і М. П. Дядечка» :* матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 105-річчю від дня народження видатних вчених-ентомологів академіка НААН України Вадима Петровича Васильєва і професора Миколи Платоновича Дядечка (м. Київ, 19-21 грудня 2017 р.). Київ, 2017. С.48–49. *(50 % авторства: планування та виконання експерименту, узагальнення результатів, написання статті).*

42. Кабанець В. М. Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН – гарант науково-інноваційного потенціалу регіону. *«Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України»* : матеріали обласної наукової конференції, присвяченої 100-річчю початку наукових досліджень з культурою гречки в Сумському регіоні (с. Сад, 20 грудня 2017 р.). Суми, 2017. С. 4–5.

43. Кабанець В. М. Рівень водного дефіциту тканини листків сортів CANNABIS SATIVA (L.) залежно від сорту. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі* : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Умань, 26 червня 2018 р). Умань, 2018. С. 49–52.

44. Кабанець В. М. Особливості вирощування конопель посівних на насіння. *«Гончарівські читання»*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 89-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем’яновича (м. Суми, 24-25 травня 2018 р.). Суми, 2018. С. 14–15.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ 2

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 21

ВСТУП 22

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН КУЛЬТУРИ КОНОПЕЛЬ 29

1.1. Історія формування культури конопель 29

1.2. Таксономія видів роду *Cannabis* та його систематика 33

1.3. Ботанічна характеристика і біологічні особливості конопель посівних .. 37

1.4. Технологія вирощування та збирання конопель посівних 44

1.5. Основні напрями наукових досліджень конопель 58

Список використаних джерел 65

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 92

2.1. Агрохімічна характеристика ґрунту 92

2.2. Погодні умови у роки проведення досліджень 93

2.3. Об’єкти досліджень 99

2.4. Методика проведення досліджень 100

Список використаних джерел 111

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ СВІТЛОВИХ (ЕНЕРГЕТИЧНИХ) РЕЖИМІВ ПОСІВІВ КОНОПЕЛЬ 115

3.1. Динаміка інтенсивності потоку енергії ФАР у посівах за фазами розвитку рослин 117

3.2. Вплив густоти посіву на рівень повторного забур’янення 134

3.3. Вплив густоти посіву на структуру врожаю 144

Список використаних джерел 148

РОЗДІЛ 4. ІДЕНТИФІКАЦІЯ СОРТІВ КОНОПЕЛЬ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ РОСЛИН 151

4.1. Функціональна діагностика сортів конопель до умов посухи 152

4.2. Рівень водного дефіциту тканин листків залежно від сорту 159

4.3. Вміст хлорофілів *a* і *b* у листках рослин сортів конопель 164

Список використаних джерел 173

РОЗДІЛ 5. ОЦІНЮВАННЯ ФІТОМЕЛІОРАТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КОНОПЕЛЬ 178

5.1. Вміст лужноземельних металів у ґрунті та характер їх акумуляції рослинами конопель 179

5.2. Особливості накопичення в рослинах конопель хімічних елементів лантаноїдної групи 188

5.3. Характер транслокації хімічних елементів актиноїдної групи у ґрунті та рослинах конопель 193

5.4. Накопичення хімічних елементів групи перехідних металів у ґрунті та акумуляція їх рослинами конопель 196

5.5. Вміст хімічних елементів групи лужних металів у ґрунті та акумуляція рослинами конопель 205

5.6. Характер акумуляції коноплями хімічних елементів групи напівметалів 223

5.7. Концентрація неорганічних елементів у ґрунті та характер їх накопичення в частинах рослин 230

5.8. Урожайність та структура урожаю фітомеліоративних посівів 239

5.9. Розрахункові параметри фітомеліоративних посівів конопель 241

Список використаних джерел 251

РОЗДІЛ 6. МОНОКУЛЬТУРА КОНОПЕЛЬ..... 258

6.1. Динаміка вмісту гумусу в ґрунті при вирощуванні конопель у монокультурі..... 259

6.2. Вплив монокультури конопель на динаміку вмісту основних макроелементів у ґрунті 264

6.3. Урожайність монокультури конопель 269

6.4. Якісні показники волокна конопель у монокультурі 275

Список використаних джерел 278

РОЗДІЛ 7. ВИРОЩУВАННЯ КОНОПЕЛЬ НА ТОВАРНЕ НАСІННЯ 282

7.1. Формування структури посівів залежно від норми висіву насіння та норми мінеральних добрив 286

7.2. Вплив норми висіву насіння та норми добрив на продуктивність рослин конопель 291

7.3. Вплив норми висіву насіння та норми добрив на біометричні показники рослин конопель 296

Список використаних джерел 301

РОЗДІЛ 8. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КОНОПЕЛЬ РІЗНИХ НАПРЯМІВ ВИКОРИСТАННЯ 304

8.1. Економічне обґрунтування вирощування товарного насіння конопель 307

8.2. Економічна ефективність вирощування конопель у монокультурі 315

8.3. Економічне обґрунтування вирощування конопель двобічного використання (солома та насіння) 318

Список використаних джерел 321

ВИСНОВКИ 324

ДОДАТКИ..... 329

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

НАН – Національна академія наук України

НААН – Національна академія аграрних наук України

ООН – Організація об’єднаних націй

ГТК – гідротермічний коефіцієнт Т. Г. Селянінова

ВОС – відмінність, однорідність та стабільність

ДСТУ – Державний стандарт України

ФАР – фотосинтетична активна радіація

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

ФП – фотосинтетичний потенціал

ФПП – фотосинтетичний потенціал посіву

ФСА – фотосинтетичний апарат

ЮС – південнодостигаючі, від рос. – южносозревающая

ЮСО – південнодостигаючі однодомні, від рос. – южносозревающая

ТГК – тетрагідроканнабінол

КБД – канабідіол

ГДК – гранично допустима концентрація

АТФ – аденозинтрифосфат

ГХЦХ – гексахлорциклогексан

ДДТ – дихлордифенілтрихлорметилмета́н

$V \pm m_v$ – коефіцієнт варіації та її похибка

δ – середнє квадратичне відхилення

r – коефіцієнт кореляції

R^2 – коефіцієнт детермінації

$НІР_{05}$ – найменша істотна різниця

ВМ – важкі метали

ВСТУП

Серед культур, що вирощуються в Україні особливе місце займають коноплі. Коноплі - культура археофіт, однак саме в Україні вперше було науково обгрунтовано та реалізовано напрям безнаркотичної однодомної культури технічних конопель. Наразі, вирощування або переробка технічних конопель проводиться більш як у 50 країнах світу. Найбільші обсяги виробництва представлені у країнах Азії та Північної Америки. В Євросоюзі значні посівні площі мають Франція, Естонія та Нідерланди.

Активне впровадження у виробництво безнаркотичних сортів конопель створило передумови для виділення нових напрямів вирощування, що базуються на використанні специфічних характеристик виду *Cannabis sativa L.* Теоретичне обгрунтування виокремлення перспективних напрямів культури конопель із відповідним їх селекційним та технологічним наповненням висвітлено в роботах Г. І. Сенченка, О. Г. Жатова, М. Д. Мигаля, Л. М. Горшкової, В. Г. Вировця, І. М. Лайко.

Успішність реалізації цих напрямів, вимагає створення базису для практичного впровадження адаптованих до умов сьогодення технологічних рішень.

Актуальність теми. Україна має давні, сформовані, традиції вирощування та використання урожаю конопель. Успіхи хімічної промисловості у створенні дешевих синтетичних волокон зумовили зниження попиту на коноплесировину, скорочення посівних площ та зниження інтенсивності наукових досліджень із культурою. Результатом цього стало суттєве відставання конопель від основних експортно орієнтованих культур (насамперед кукурудзи, соняшнику та сої) як за сортовим переліком так і за технологічним забезпеченням.

Зміна орієнтирів суспільства, що спостерігається в останні десятиліття обумовила поступове відновлення попиту на традиційну продукцію коноплярства. Наразі коноплі є сировиною для отримання понад двадцяти

тисяч найменувань продукції, яку використовують у текстильній, фармацевтичній, авіаційній, лакофарбовій та будівельній промисловості (Вировець В. Г., 2004; Степанов Г. С. та ін., 2007). Глобальна екологізація сфери аграрного виробництва та орієнтація індустрії на використання поновлюваних сировинних ресурсів формують зростаючий попит на сировину придатну для виробництва екологічно безпечного волокна, тканини, паперу, олії (технічна і харчова) та лікарських препаратів. Все більшої актуальності набувають питання оздоровлення біоценозів і ремедіації територій забруднених радіонуклідами, важкими металами та стійкими хімічними сполуками.

Реалізація цих завдань вимагає диференціації культури залежно від призначення та характеристик урожаю, підбором сортів і визначенням оптимальних агротехнологічних параметрів їх вирощування. Актуальність зазначених проблем, їх недостатня розробка і практична значимість зумовили вибір теми дисертаційної роботи, її мету та основні завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано в Інституті луб'яних культур НААН упродовж 2009-2017 років у відповідності із завданнями НДР: «Створити і впровадити у виробництво нові високопродуктивні сорти луб'яних культур та розробити технології їх вирощування, збирання і переробки» (номер Державної реєстрації 0106U008793) на 2006-2010 рр.; «Високопродуктивні сорти льону і конопель та новітні технології їх виробництва і переробки» (номер Державної реєстрації 0111U005725) на 2011-2015 рр.; «Розробити екологічно безпечні технології вирощування льону-довгунця та конопель різних напрямів використання для забезпечення максимальної продуктивності і зниження собівартості продукції (номер Державної реєстрації 0111U004057) на 2011-2013 рр.; «Оптимізувати заходи контролю шкідливого ентомокомплексу у льоновому і конопляному агробіоценозах» (номер Державної реєстрації 0116U001507) на 2016-2018 рр.; «Науково-методологічні основи селекції та

ресурсозберігаючих технологій виробництва льону-довгунця і промислових конопель» (номер Державної реєстрації 0116U000384) на 2016-2020 рр.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було підвищення ефективності вирощування культури конопель у зоні північно-східного Лісостепу України.

Для реалізації поставленої мети передбачалось вирішення таких завдань:

- виявити технологічні параметри структури посіву конопель за показниками інтенсивності засвоєння фотосинтетичної активної радіації (ФАР);
- визначити вплив світлових режимів посіву на рівень забур'янення, урожайність та якість урожаю;
- провести ідентифікацію сортів конопель за комплексом параметрів фотосинтетичної активності;
- обґрунтувати можливості та потенціал для фітомеліоративного використання культури конопель;
- провести оцінювання ефективності вирощування конопель у монокультурі;
- розробити систему удобрення та визначити оптимальні параметри структури посіву при вирощуванні конопель на товарне насіння;
- визначити економічну ефективність основних напрямів вирощування конопель.

Об’єкт дослідження: параметри фотосинтетичного апарату рослин, реакція рослин конопель на елементи технології вирощування, процеси росту, розвитку, формування урожаю насіння та соломи.

Предмет дослідження: сорти конопель посівних, густота посіву, норма висіву насіння, норми органічних та мінеральних добрив, погодні умови, економічні показники ефективності.

Методи дослідження. У роботі використовували загальнонаукові та спеціальні методи. Із загальнонаукових використовували: гіпотезу, експеримент, спостереження та аналіз. Серед спеціальних використовували:

польовий, лабораторний та статистичний. Польовий – виявлення фенологічних ритмів росту і розвитку рослин, визначення врожаю; біометричні, вимірні, візуальні – вивчення особливостей мінливості ознак сортів у польових і лабораторних дослідженнях; спектрометричний – визначення присутності важких металів у частинах рослин конопель і ґрунту; лабораторний – аналіз якості конопляної соломи і волокна, вміст елементів живлення в рослинах, оцінка стійкості до посухи і жаростійкості рослин; порівняльно - розрахунковий – оцінка економічної ефективності; методи дисперсійного і кореляційного аналізів.

Наукова новизна одержаних результатів полягала у розв’язанні наукової проблеми з підвищення рівня реалізації потенціалу культури конопель, обґрунтуванні її технологічної диференціації за рахунок добору сортів, оптимізації структури посіву, норм та способів внесення добрив.

Уперше:

- досліджено, що критичним для процесів повторного забур'янення є поглинання посівом конопель менше 80 % потоку ФАР, що відповідає розрахунковій густоті посіву менше 2,0 млн рослин/га;

- установлено, що в умовах зони досліджень, невідповідність між показниками максимального надходження ФАР та показниками її поглинання посівом становить 18-24 дні;

- розроблено алгоритм ідентифікації сортів конопель за комплексом ознак потенційної жаростійкості, вологоутримуючої здатності та тіневитривалості. Підвищеним рівнем жаростійкості характеризуються сорти Гляна і Глесія, тіневитривалості – сорти Глухівські 85, Глухівські 51 і Золотоніські 15;

- визначено базові технологічні параметри використання конопель як фітомеліоративної культури. Максимальну ефективність ремедіації земель, забруднених стронцієм, забезпечують суцільні посіви сорту Гляна з відчудженням фітомаси у фазу біологічної стиглості. Цей же сорт, однак у

широкорядних посівах, використовувати для відновлення земель із комплексним забрудненням важкими металами;

- оптимізовано технологічний регламент монокультури конопель зі стійким або позитивним балансом агрохімічних показників ґрунту, що передбачає щорічне внесення органічних добрив 40 і більше т/га або комплексне внесення органічних та мінеральних добрив нормою 20 т/га + $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг д. р./га;

- проведено оцінювання конопель за технологією отримання товарного насіння. Встановлено, що максимальна частка зерна в біологічному урожаї – 26,1 % забезпечується за норми висіву насіння 0,25 млн шт/га.

Удосконалено наукові підходи щодо:

- методики технологічної ідентифікації сортів з використанням параметрів фотосинтетичного апарату рослин;

- методики оцінювання фітомеліоративного потенціалу культур за їх здатністю до акумуляції окремих хімічних елементів.

Набули подальшого розвитку положення про: підходи до формування просторової структури посівів конопель залежно від їх сортових особливостей та напрямів використання урожаю; питання технологічної та сортової диференціації культури конопель з урахуванням природи виду, зони його вирощування, економічних та екологічних запитів суспільства.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами виконання досліджень розроблено та рекомендовано виробництву елементи технології вирощування культури конопель двобічного використання, що забезпечують отримання 1,4 т/га насіння і 7,2 т/га соломи, вихід загального волокна 30,9 %, довгого 26,2 % за високого рівня рентабельності – 110,3 %.

Технологія вирощування товарного насіння упроваджена в Інституті сільського господарства Північного Сходу НААН і забезпечує отримання врожайності – 2,62 т/га за високого рівня рентабельності – 225,6 %. Розроблено та надано департаментам агропромислового розвитку Сумської, Полтавської та

Харківської обласних державних адміністрацій базові елементи технології вирощування конопель як фітомеліоративної культури для ремедіації земель забруднених радіонуклідами та важкими металами.

Матеріали дисертації використані у робочих програмах навчальних дисциплін спеціальності 201 «Агрономія» у Сумському національному аграрному університеті, Харківському національному аграрному університеті ім. В. В. Докучаєва, Полтавській державній аграрній академії.

Розроблені елементи монокультури конопель зі стійким балансом агрохімічних показників ґрунту впроваджені в агрофірмі «Soliariya», Литовська республіка.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні напряму дослідження, розробці програми та обґрунтуванні методології, виконанні експериментів у польових та лабораторних умовах, узагальненні отриманих результатів та їх науковій інтерпретації. Самостійно проведено статистичну обробку результатів досліджень, підібрана та опрацьована література, підготовлені друковані праці (особисто та у співавторстві), наукові звіти і рекомендації для виробництва, а також здійснено науковий супровід результатів досліджень у виробництво. Частка творчого внеску в опублікованих у співавторстві працях складається з планування, виконання досліджень, узагальнення результатів і підготовки матеріалів до друку. Впровадження розробок у виробництво проведене за безпосередньою участю здобувача або під його методичним керівництвом.

Апробація результатів дисертації. Результати дослідження заслухано та обговорено на: Міжнародній науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку галузей льонарства та коноплярства» (м. Глухів, 2009 р.), Міжнародній науково-практичної конференції «Шляхи відродження галузей льонарства і коноплярства та підвищення ефективності їх наукового забезпечення» (м. Глухів, 2011 р.), Міжнародній науково-практичної конференції «Гончарівські читання» (м. Суми, 2013 р.), Всеукраїнській

науково-практичній конференції «Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України» (м. Суми, 2014 р.), обласній науковій конференції молодих вчених та аспірантів (м. Суми, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Гончарівські читання» (м. Суми, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату» (м. Дніпро, 2017р.), Міжнародній науково – практичної конференції «Сучасний стан та гармонізація назв культурних рослин у системі UPOV» (м. Київ, 2017 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Ентомологічні читання пам'яті видатних вчених-ентомологів В. П. Васильєва і М. П. Дядечка», (м. Київ, 2017 р.), обласній науковій конференції «Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України» (м. Суми, 2017 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» (м. Умань, 2018 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Гончарівські читання» (м. Суми, 2018 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи висвітлені у 44 наукових працях, з них 8 – у монографіях, у т.ч. одна за кордоном, 3 науково-практичних рекомендаціях, одних методичних рекомендаціях, 17 публікаціях у фахових виданнях України, трьох – за кордоном і 12 матеріалах конференцій. Частка авторства здобувача у яких складає 0,5 – 100 %.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота містить анотацію українською та англійською мовами, зміст, перелік умовних позначень, вісім розділів, висновки, рекомендації для виробництва, список використаної літератури, який нараховує 449 посилань, у тому числі 155 латиницею, додатки. Дисертацію викладено на 386 сторінках машинописного тексту комп'ютерного набору, у тому числі 278 сторінок основного тексту. Вона ілюстрована 37-а таблицями та 21-м рисунком.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН КУЛЬТУРИ КОНОПЕЛЬ

1.1. Історія формування культури конопель

Історія взаємовідносин людини з рослинами конопель сягає тисячоліть. Жодна рослина не була постійним супутником людства довше, ніж коноплі [1, 2]. Як технічна і медична культура вони були відомі вже в давнину [3, 4].

Коноплі уперше були описані у Китаї близько 2 800 року до н. е. На територію нашої країни вони були завезені скіфами не пізніше V століття н. е. Перші свідоцтва використання конопель скіфи відносять до періоду Кам'яного віку, тобто 10 000 років тому. Археологи з Тайваню виявили горщики, зроблені з рослин *Cannabis* [5]. Перші відомості про використання конопель у медицині Китайським імператором Шен Нунг відносять до початку третього століття до нашої ери. Шен Нунг був китайським міфічним імператором і лікарем, який володів знаннями з медичного використання рослин конопель. Теоретично *Cannabis* використовували у цей період у Китаї завдяки його заспокійливим властивостям, ним лікували біль, хвороби, відводили вплив злих духів [6, 7, 8].

Cannabis швидко поширився з Китаю по усіх сусідніх азіатських країнах. Особливо він був популярний в Індії, де його використовували у релігійних ритуалах. Архартва Веда, один із найдавніших індійських писемних пам'яток індуїзму, відносить його до п'яти головних сакральних рослин [9, 10].

Про гашиш згадує стародавній індійський епос: більше сотні гімнів «Рігведи» (1 500 років до н. е.) присвячено опису властивостей знаменитого напою з конопель – indracarana (їжі богів), який замінив легендарну сому – ритуальне галюциногенне зілля, склад якого до цього часу ніхто не знає. Завдяки культурному і релігійному використанню рослині були забезпечені захист і повага [11].

Коноплі були добре відомі в античному світі. Хірург Доскорід використовував рослини *Cannabis* для анестезії завдяки їх знеболювальному ефекту. Геродот описав обряди очищення у скіфів, які, сховавшись у шатрах, кидали на розпечене каміння насіння конопель і вдихали пари, «які викликають радість» (5–4 ст. до н. е.) [12, 13].

Легенди про коноплі та їх вживання можна знайти у багатьох релігіях: у синтоїзмі (Японія) рослини використовували для возз'єднання одружених пар, для захисту від злих духів і для створення веселощів і щастя у шлюбі; в індуїзмі – коноплі священна рослина, яку Шива наказав принести з Гімалаїв для «насолоди і освіти людини»; у буддизмі їх широко використовують як їжу і з ритуальною метою; послідовники Заратустри (Маги – Персія, 5–6 ст. до н. е.) практикували релігійне і медичне використання конопель; ессени (Стародавній Єгипет – 1 ст. до н. е.), ісламські суфії, копти (перші єгипетські християни) і багато інших релігійних громад добре знали про властивості цієї рослини [14, 15, 16].

Достовірна історія конопель на Американському континенті починається з XIV століття, коли іспанці привезли їх у Перу і Чилі, хоча деякі дослідники припускають, що ця рослина була відома корінним жителям Нового Світу задовго до вторгнення європейців. З 1611 року коноплі починають вирощувати і переробляти у штаті Вірджинія. Текстильні та лікарські властивості канабісу були добре відомі першим американським президентам (уряд виплачував дотації фермерам, які вирощували коноплі). У 1857 році американський письменник Ф. Ладлоу описує особистий досвід після прийому настоянки з індійських конопель, підтверджуючи силу цієї рослини [17].

У період з 1840 по1900 роки у західній медичній літературі було опубліковано понад 100 робіт про цілющі властивості рослин *Cannabis*. До 1937 року коноплі призначали пацієнтам як основний препарат для лікування більш ніж 100 різних захворювань, наприклад, астми, мігрені,

герпесу, артриту, ревматичного болю, дизентерії, безсоння і різних неврологічних розладів [18, 19, 20].

Упродовж декількох тисяч років 90% корабельних канатів і вітрил виготовляли з конопель (тканина з них не гниє і не розкладається у морській воді понад 100 років, про що свідчать підняті з морських глибин затонулі кораблі) [21].

У давнину не зафіксовано використання рослини як інтоксиканта поза межами Індії і Китаю. Значно пізніше таке її застосування поширилося на Середньому Сході та в Північній Африці [22, 23].

У XIX столітті, завдяки письмовим описам дії гашишу, коноплі почали використовувати і в Західному Світі. Ці матеріали з'являлися у медичних джерелах і в періодичній літературі. У Великобританії використання канабісу поширилося завдяки Вільяму Ошаннесі – ірландському медику. В Індії він спостерігав медичне застосування канабісу і описав його у працях. У Франції пропозиція використовувати коноплі належала доктору Жако Моріа, який припускав можливість їх застосування у лікуванні розумових розладів. Згодом використання та ефекти рослини були викладені детальніше багатьма французькими авторами: Теофілом Готьє, Жако Моріа та ін.[24, 25, 26].

З огляду на пристосовуваність майже до будь-якого середовища, коноплі набули поширення практично по всій земній кулі. Наразі цієї рослини немає хіба що в Арктиці.

На території сучасної України коноплі почали культивувати за царювання Петра I. Він звернув на них особливу увагу. Виготовляли з рослин конопляний канат, «пеньку», брезент та інші вироби. Посівні площі, зайняті під коноплями, постійно зростали, і воля Петра I зробила Російську імперію світовим лідером у цьому напрямку [27, 28].

Слов'яни з найдавніших часів звертали увагу на рослину конопель, яка дає змогу одночасно отримувати, подібно льону, олію і волокно. У місті Ладога, де серед строкатого за етнічним складом населення жили і наші предки

слов’яни, у розкопках VIII століття археологами виявлені плоди конопель і конопляні («пенькові») мотузки, якими, за повідомленнями тодішніх авторів, славилася Русь [29, 30].

Після колонізації Індії і вторгнення Наполеона в Єгипет у Європі знову оживає інтерес до продуктів із конопель. У кінці XVIII століття лейб-медик імператора привозить до Парижа колекцію різних сортів гашишу і завдяки світському протеже французів канабіс вперше з’явився в полі зору офіційної культури [31, 32, 33].

До 1820 року, коли розробили технології для очищення бавовни, 82 % усіх текстильних виробів були з конопель. Перші Біблії, карти, прапори, а також проект Декларації незалежності і Конституція США були віддруковані на конопляному папері [34, 35, 36].

Перша модель автомобілів «Форд» була розрахована на роботу на конопляному паливі, та й сама машина містила чимало комплектуючих, виготовлених із конопель, зокрема пластикові панелі, міцність яких у 10 разів перевищувала міцність сталевих виробів. Існують фотографії Форда на тлі конопляних посівів на території його величезного маєтку [37].

В Україні вирощували переважно коноплі звичайні або посівні (*Cannabis sativa* L.), які традиційно висівали на північному сході. У кінці XIX століття культивування конопель було одним із основних заробітків селян Чернігівської та сусідніх губерній. За відомостями Енциклопедії Брокгауза та Ефрона, в Європейській частині Російської імперії у кінці XIX століття виробляли близько 140 тис. тонн волокна, що становило близько 40 % загальноєвропейського виробництва [21, 38, 39].

Зважаючи не те що розповіді про коноплі, які поширювалися серед населення, були непривабливими і відразливими, поширення використання культури як наркотика по Європі було повільним. Значного поширення вони досягли лише до 1960-х років, коли їх заново привезли мандрівники зі Сполучених Штатів Америки. У США починаючи з 1631 року до початку

XIX століття коноплі (волокно і плоди) слугували легальним засобом сплати податків [40, 41, 42].

Як стверджує німецький етнограф Гюго Обермейєр, куріння листя конопель за допомогою люльок було відомо давнім германцям і гало-романцям у I столітті до н. е. За офіційною європейською історією скромної текстильної рослини ховається глибока езотерична і медична традиція, зв'язок з якою був втрачений у період «полювання на відьом» [43].

Рослина *Cannabis sativa* L. мала велике промислове значення з XV до початку XX століття на більшості території нинішньої Європи. Сьогодні посіви цієї культури значно скоротили. Єдина Конвенція ООН 1961 року внесла коноплі до списку нарковмісних рослин і зобов'язала уряди країн-учасників суворо контролювати їх вирощування [24, 44].

Коноплі у 60-ті роки були однією з основних сільськогосподарських культур СРСР. Такий їх статус підтверджує розміщення листків конопель разом із колосками пшениці та суцвіттями соняшника у центрі снопа всередині головного фонтана країни – «Дружба народів» на ВДНГ. Фонтан був зведений у 1954 р., проте через 7 років – у 1961 р. СРСР ратифікує Конвенцію ООН «Про наркотичні засоби», інспіровану США. Відповідно до Конвенції рослини *Cannabis* оголошено поряд із героїном небезпечним наркотиком, що не має жодної практичної цінності і їх наказано всіляко знищувати [45, 46].

1.2. Таксономія видів роду *Cannabis* та його систематика

Коноплі посівні (*Cannabis sativa* L.) – унікальний вид рослин як з біологічної точки зору, так і відносно господарського використання [47, 48]. Для конопель характерні: статевий та екологічний поліморфізм за морфологічними ознаками, вміст специфічних рідкісних хімічних речовин – канабіноїдних сполук, ефірних олій [49, 50, 51]. Цінними для людського організму є продукти переробки насіння, особливо олія [52, 53, 54].

Розкриваються все більші можливості для використання конопель при виробництві композитних і будівельних матеріалів [55, 56, 57].

Культура конопель поширена майже на всіх континентах планети. Цікавим є той факт, що вперше коноплі (стародавня і дуже поширена рослина) були введені у класифікацію лише у 1753 р. (К. Лінней), інший різновид був описаний Ж. Б. Ламарком у 1783 р. [58, 59].

Систематизована класифікація в історичному плані розпочалася з 30–40-х рр. XX ст., після того як у 1925 р. A. B. Rendle відокремив родину Cannabaceae (Коноплеві) від Moraceae (Шовковицеві) [60, 61].

Незважаючи на давню історію вирощування цієї культури, до сьогодні існує проблема систематики і філогенезу конопель. Серед ботаніків відсутнє єдине трактування і класифікація цієї рослини. Суперечності виникають щодо поділу роду на біологічні види і належності його до певного порядку [62, 63, 64].

Здебільшого систематики виділяють у роді *Cannabis* від одного до трьох видів. Монотипність роду пов'язують з тим, що всі біотипи конопель з однаковою кількістю хромосом, їх легко схрещувати між собою і вони дають фертильне потомство з дуже наближеними характеристиками біологічних і морфологічних ознак, а тому всі вони належать до одного виду – *Cannabis sativa* L. (коноплі посівні) [65, 66, 67].

За загальноприйнятою систематикою *Cannabi*s – рід однорічних лубоволокнистих рослин родини конопляних (Cannabaceae) порядку розоцвітих (Rosales). За біологічною класифікацією коноплі посівні або звичайні належать до відділу Magnoliophyta класу Magnoliopsida. За попередніми класифікаціями, як уже згадували, коноплі відносили до шовковичних (тутових) і кропивних. Рід містить один поліморфний вид – *Cannabis sativa* L. (коноплі посівні) [68, 69, 70].

Проте нині серед ботаніків є два погляди на систематику конопель. Прихильники першого погляду є послідовниками К. Ліннея і стверджують, що

рід коноплі монотипний, тобто містить усього один вид. Інші ж послідовники праць Ж. Б. Ламарка виділяють принаймні два види – «південний» і «північний». Однією з важливих відмінностей між такими видами прихильники другого погляду вважають переважання наркотичних речовин у південних формах [71, 72].

Прихильником подібного дробного розуміння видів конопель був і М. І. Вавилов, а також його наступники. У деяких виданнях російської ботанічної та сільськогосподарської літератури є твердження, що рід конопель складається з трьох видів: конопель звичайних (посівних), індійських і конопель диких – бур'янів [73, 74, 75].

Важливою віхою в історії систематики конопель вважають вихід у 1976 р. великої оглядової статті американських науковців Е. Смолла і А. Кронквіста, в якій підтверджена та обґрунтована ідея однотипного роду конопель. Вони запропонували просту і логічну схему класифікації єдиного виду роду, згідно з якою він ділиться на два підвиди, а ті так само – на два різновиди кожен:

1) *Cannabis sativa subsp. sativa* – коноплі посівні підвид посівні:

- *Cannabis sativa subsp. sativa var. sativa* – коноплі посівні підвид посівні різновид посівні;

- *Cannabis sativa subsp. sativa var. spontanea* – коноплі посівні підвид посівні різновид дикі.

2) *Cannabis sativa subsp. indica* – коноплі посівні підвид індійські:

- *Cannabis sativa subsp. indica var. indica* – коноплі посівні підвид індійські різновид індійські;

- *Cannabis sativa subsp. indica var. kafiristanica* – коноплі посівні підвид індійські різновид кафірістанскі.

У цій схемі підвиди розрізняють з погляду напрямку селекції (волокна та олія або наркотичні речовини). Усередині підвидів кожна пара різновидів є культивовані або дикорослі рослини [76, 77, 78].

У 2005 році К. Хіллінг опублікував власні дослідження конопель з використанням новітнього методу, який оснований на аналізі структури ДНК. Результати проведеного дослідження загалом підтверджують концепцію Е. Смолла і А. Кронквіста, однак автор запропонував нове трактування систематики роду конопель. Ґрунтуючись на результатах аналізу великого за обсягом генетичного матеріалу, він стверджує, зокрема, що індійські та посівні коноплі походять з різних центрів поширення, на початку ізольованих один від одного. Отже, на думку К. Хіллінга, поступового переходу між цими формами не існує (принаймні з погляду генетики). Відтак немає достатніх підстав розглядати їх як підвиди, а тому їх необхідно вважати окремими видами. Автор йде ще далі й пропонує розрізняти ще два види, які, на його переконання, також були ізольовані генетично [79].

Однак більшість систематиків вважає, що дослідження К. Хіллінга ґрунтовно не похитнули концепцію однотипності роду конопель, і продовжує дотримуватися найбільш поширеної концепції Е. Смолла і А. Кронквіста.

Тому відповідно до сучасної класифікації рід *Cannabis* містить один вид із двома підвидами:

1) *Cannabis sativa subsp. sativa* – коноплі посівні - вирощують для отримання волокна (переважно в Україні, Росії, Індії, країнах Західної Європи); у дикому стані ростуть в Україні, Росії, Монголії, Афганістані, Пакистані, Індії, Китаї;

2) *Cannabis sativa subsp. indica* – коноплі індійські – вирощують в Індії, Ірані, Туреччині, Сирії та інших країнах для отримання рослинної олії з насіння і гашишу або анаші (наркотична речовина) із зелених частин рослини та марихуани з жіночих суцвіть; у дикому стані ростуть у Пакистані та Афганістані [80, 81, 82].

Раніше виділявся третій вид – коноплі дикі (*Cannabis ruderalis* Janisch.) – злісний бур’ян ярих культур у багатьох країнах. Поширені вони майже повсюдно, а найбільше – у Сибіру, Приуралі, Казахстані, Середньому і

Нижньому Поволжі. Часто зустрічаються у посівах зернових культур, біля житла, вздовж доріг. На сьогодні це визначення не має самостійного рангу і є синонімом *Cannabis sativa subsp. sativa* [83, 84].

1.3. Ботанічна характеристика і біологічні особливості конопель посівних

Коноплі – висока, пряма, однорічна трав'яниста рослина родини Коноплеві – Cannabinaceae. З метою отримання волокна і насіння вирощують коноплі звичайні або посівні – *Cannabis sativa* L. [85, 86].

Коноплі звичайні (посівні) – однорічна дводомна рослина, що має чоловічі і жіночі екземпляри. Рослини, що мають чоловічі квітки, називають плоскінню, а рослини, що утворюють жіночі квітки і насіння, – матіркою. Співвідношення між чоловічими і жіночими рослинами в посівах зазвичай 1:1, проте частка їх в урожаї різна. Матірка забезпечує близько 2/3 загального врожаю волокна. Рослини матірки більш товстостеблеві і високорослі, сильно облистнені, дозрівають пізніше. Рослини плосконі дозрівають раніше за матірку, після цвітіння засихають, що ускладнює процес механізованого збирання. Чоловічі квітки конопель нещільні, сильно розгалужені, тоді як жіночі – щільно сформовані між дрібними листками [87, 88, 89].

У нашій країні і за кордоном створені сорти однодомних безнаркотичних конопель, що утворюють на одній рослині чоловічі та жіночі квітки. Такі коноплі збирають механізовано в один прийом [90, 91]. Створено також сорти конопель, у яких рослини матірки і плосконі дозрівають одночасно [92, 93, 94].

Коноплі загалом поділяють на три екологічні (географічні) типи: північний, середньоросійський і південний.

До північного типу відносять коноплі Крайньої півночі. Вони відрізняються низьким ростом, тонким слаборозвиненим стеблом, скоростиглістю і низькою продуктивністю. Характерна висота рослин –

50–80 см, тривалість періоду вегетації – 60–75 днів. Сьогодні північну форму конопель у виробництві не застосовують через низьку продуктивність.

Середньоросійський тип конопель займає географічне положення в межах 51–57° північної широти Європи та Азії. Типова висота рослин – 1,3 –2 м, листки середньої величини мають від 5 до 9 часток. Вегетаційний період рослин 100–110 діб. Одночасно із високою врожайністю насіння й задовільною скоростиглістю сорти цієї форми при вирощуванні в однакових умовах із сортами південних конопель характеризуються меншим урожаєм волокна.

Південна форма конопель поширена південніше від зони середньоросійських конопель і характеризується високим урожаєм волокна. Найбільш типова тривалість періоду вегетації становить 140–160 днів, висота рослин сягає 4–5 м. Листки великі, широкі. У середній зоні їх вирощують на зеленець [40, 95].

Стебло конопель пряме, зазвичай просте, рідше розгалужене. Воно становить 60–70% загальної сухої маси рослини. В основі стебло більш-менш округле, до вершини – ребристе, шорстке, густо вкрите залозистими волосками. З віком стебло дерев'яніє, стає майже порожнім. Під час дозрівання в ньому міститься від 15 до 35% і більше волокна, що відрізняється високою міцністю і стійкістю до гниття.

Анатомічна будова стебла конопель на поперечному зрізі має такий вигляд. Зовні знаходиться покривна тканина. За нею розташовується первинна кора, що складається з трьох типів тканини: безпосередньо під покривною тканиною залягає шар механічної тканини – коленхіми, що надає стеблу міцності, стійкості, особливо на перших етапах росту до появи волокна і вторинної деревини, далі до центру розміщені паренхіма та ендодерма [96, 97].

За первинною корою розміщений твердий луб, що складається з тонкостінних клітин перициклічної паренхіми і товстостінних витягнутих у довжину клітин первинних луб'яних волокон. Первинні луб'яні волокна зливаються в суцільне кільце щільно спаяних волокон і пучків. Здерев'яніння

серединних пластинок, що з'єднують волокна, і самих волокон надає волокну конопель значної жорсткості. Первинні волокна є основним прядивним матеріалом. Первинний луб прикриває флоему, що складається з ситоподібних трубок, вторинних луб'яних волокон і луб'яної паренхіми. Вторинні луб'яні волокна порівняно з первинними слаборозвинені, тонкостінні, розташовані поодинці або у вигляді пучків [98, 99].

Далі до центру стебла розташовується шар камбію, який складається з тонких, ніжних, здатних до поділу клітин. Камбій відкладає всередину нові клітини вторинної деревини, назовні – клітини флоеми.

Деревина складається з великих судин, деревинних волокон і паренхіми. Центральну частину стебла займає серцевина, яка частково руйнується [100].

Листки у рослин конопель черешкові, пальчатороздільні, з 3–13 ланцетними частками, з добре помітним жилкуванням і зазубреними краями. Перші два листочки – сім'ядольні, є джерелом формування запасних поживних речовин. У нижній частині стебла розташування листків зазвичай супротивне, у верхній – чергове [101].

Жіноче суцвіття – колосоподібне, а чоловіче волотеве. Квітки дрібні, сидячі, зібрані попарно в пазухах листків. Жіноча квітка складається з маточки з одногніздовою зав'яззю і двома пір'їстими приймочками, зрощеними біля основи. Уся квітка укладена в чохлик, що складається з 5 зрощених листочків. Листочки густо усіяні залозистими волосками. Чоловіча квітка складається з простого навколоцвітника, що має по 5 жовто-зелених листочків і тичинок із довгими пильовиками жовтого кольору. Пильник чотиригніздовий з поздовжнім розрізом. У конопель в рідкісних випадках утворюються двостатеві квітки. Період цвітіння конопель розтягується на 15 – 40 діб. Під час цвітіння в повітрі літає величезна кількість пилку [102].

Насіння конопель є не тільки засобом розмноження, а й використовується у технічних, харчових і лікарських цілях. Воно містить близько 36% олії і 20–25% рослинного білка. Насіння має округло-яйцеподібну форму, дещо

стиснуту з боків або близьку до округлої. Розміри його змінюються у межах (мм): довжина – від 4,49 до 5,21, ширина – від 3,30 до 4,10 і товщина – від 2,65 до 3,30. Колір насіння визначається за основним фоном забарвлення оболонки і мозаїчним рисунком на загальному фоні та змінюється не лише у межах сортів, а й у межах навіть однієї рослини [5, 40, 86].

Корінь конопель стрижневий із великою кількістю бокових відростків першого й наступних порядків. Характерною особливістю кореневої системи є потужний розвиток не лише центрального та великих бокових, а й численних дрібних бокових коренів, які формуються близько до поверхні ґрунту. Все ж порівняно з надземною масою рослини мають слабку кореневу систему, що обумовлює високу вимогливість рослин до родючості ґрунту й вологозабезпечення [18, 30].

Насіння конопель висівають навесні. Зазвичай воно проростає від 3 до 7 діб за температури від + 1 до 45^0С. Нижня межа ефективної температури + 5^0 С. Проростки витримують понижені температури в межах – 3–5^0С упродовж 12–15 діб, а від – 5 до – 10^0 С – упродовж 5 діб. Паросток конопель виходить із землі у формі гіпокотиля (підсім’ядольне коліно). Сім’ядолі (перші зелені частини) рослини є дещо нерівними за розміром, звуженими до основи, округлими або тупими до кінчиків пластинок. Гіпокотиль конопель – 1–10 см у довжину. На відстані близько 10 см від сім’ядолі розвиваються перші справжні листки. Пара молодих листків, розташованих супротивно, має окремі черешки. Після виходу першої пари справжніх листків конопель починають швидко розвиватися нові, які з’являються спочатку по три, потім по 5, далі по 11 молодих листків [18, 40].

Коноплі потребують великої кількості вологи. Транспіраційний коефіцієнт рослин залежно від сорту, удобрення, вологості ґрунту коливається від 497 до 1180. Витрати води на формування одиниці сухої речовини в 3,3 раза більше порівняно з показниками проса і сорго, в 2,4 раза – вівса, в 2,43 – жита, 1,8 – пшениці та ячменю. Вони добре ростуть, розвиваються і формують високі

врожаї за умови, коли ґрунт забезпечений вологою на 70–80 % від повної вологоємності [5, 40].

Рослини конопель є досить високими. Як стверджують науковці, у разі вирощування конопель у відкритому сонячному навколишньому середовищі, відповідному ґрунті і достатньому зрошенні, рослина може вирости до 6 м у висоту впродовж 4–6 місяців вегетаційного періоду. Відкриті береги річок, луки, сільськогосподарські угіддя є ідеальним місцем природного проживання конопель, оскільки в таких місцях є постійний доступ до сонячного світла [103, 104].

Коноплі – культура короткого світлового дня, яка характеризується пластичністю і швидким пристосуванням до різних умов вирощування [105].

Якщо рослині достатньо простору для ефективного розвитку, то гілки конопель формуються з бруньок, розташованих на перетині черешків, а також із головного стебла. Кожна сінсеміла (жіноча незапилена рослина конопель) у разі достатнього простору для розвитку здатна формувати довгі осьові гілки і велике, проте тонке коріння. За такого розвитку рослина здатна збільшити формування врожаю вдвічі. За сприятливих умов рослини конопель нарощують до 7 см у висоту щодня упродовж довгих літніх днів [106, 107, 108].

Рослини конопель мають подвійну реакцію на тривалість світлового дня. Упродовж перших двох–трьох місяців розвитку рослини потребують збільшення тривалості світлового дня, що сприяє більш енергійному їх лінійному росту. Однак у фазу цвітіння рослині необхідні короткі дні, що сприяє завершенню етапів органогенезу. У фази бутонізації і цвітіння коноплі дуже чутливі до температурних умов. За умови забезпечення вологою найбільш інтенсивний їх ріст у цей період спостерігають за температури повітря + 17…+ 23^0 С. Зниження температури затримує ріст і розвиток рослин конопель.

Під час цвітіння рослини конопель потребують індуктивних фотоперіодів (коротких днів та довгих ночей) для інтенсивного цвітіння і зменшення можливості формувати недиференційовані суцвіття конопель.

Час, необхідний для формування зародків насіння конопель, залежить від тривалості світлового дня. Якщо забезпечити рослинам 10-годинну світлову добу, знадобиться стільки ж діб, щоб почати період цвітіння. Якщо рослинам конопель забезпечити 16-годинний світловий день, тоді цвітіння рослин необхідно буде чекати не менше 60 діб. Проте індуктивний фотоперіод менше 8 годин на день не прискорить формування зародків конопель. Темний цикл у період розвитку рослин повинен бути безперервним, щоб викликати цвітіння [109, 110].

Першою ознакою початку періоду цвітіння конопель є поява недиференційованих зародків квітки уздовж головного стебла у вузлах черешків рослини [111]. У цей «передквітковий» період відрізнити жіночу рослину від чоловічої неможливо.

Однак незабаром чоловіча рослина конопель розвиває вигнуті, круглі пуп’янки, що мають п’ять сегментів. Жіноча рослина конопель характеризується симетричними циліндричними чашечками квіток. У перших жіночих чашок квіток зазвичай відсутні парні маточки. Перші чоловічі квітки конопель дозрівають і, як правило, відразу ж виділяють життєздатний пилок, запліднюючи жіночі рослини [112, 113].

Жіночі рослини конопель зазвичай вищі, з більшою кількістю гілок, ніж чоловічі, і характеризуються великою кількістю листків у верхівці рослини і безліччю листків, які оточують суцвіття конопель, тоді як чоловіча має незначну кількість листків у верхівці рослини.

Жіночі квітки конопель з’являються як дві довгі білі, жовті або рожеві маточки, які виглядають зі складки дуже тонкої перетинчастої чашечки, яка покрита смолою, яку виділяють трихоми (залозисті волоски). Чашечка квітки конопель за розміром приблизно від 2 до 6 мм.

Чоловічі квітки конопель складаються з п’яти пелюсток (до 5 мм) жовтого, білого або зеленого кольору, які формують чашечку. Пелюстки звисають донизу, а зовнішня поверхня тичинкових чашечок не покрита трихомами, які виділяють смолу. Пилкові волокна жовтого кольору від 25 до 30 мкм у діаметрі [114].

Перед початком цвітіння конопель змінюється листорозміщення, кількість листків на рослині зменшується.

Відмінності у процесі цвітіння у рослин жіночої та чоловічої статі виражаються по-різному. Після того як рослини конопель чоловічої статі розпорошують пилок, вони вмирають. Жіночі незапилені рослини можуть дозрівати до п’яти місяців після формування квіток. Порівняно з жіночими рослинами чоловічі характеризуються швидшим розвитком і зменшенням розміру листків. Чоловічі рослини конопель зазвичай зацвітають раніше від жіночих.

Багато факторів впливає на стать рослини конопель. За середніх умов вирощування і з нормальним індуктивним фотоперіодом рослини цвітуть і формують приблизно однакову кількість чоловічих і жіночих рослин, а також незначну кількість гермафродитів (змішана стать конопель). В умовах крайнього стресу, такого, як надлишок добрив, або їх дефіцит, нанесення ушкоджень, зміна циклів світла, встановлено, що формується більше рослин конопель чоловічої статі.

Упродовж 14–35 діб плоди і насіння конопель дозрівають і осипаються, залишаючи суху чашечку, прикріплену до стебла. Цей процес зазвичай і завершує життєвий цикл рослин конопель, який може тривати від 2 до 10 місяців залежно від умов вирощування культури [115, 116].

1.4. Технологія вирощування та збирання конопель посівних

Пріоритетом аграрної науки є наукове забезпечення перетворення агропромислового комплексу на фінансово успішний сектор економіки за рахунок технологічного і технічного переоснащення його системоутворювальних галузей [117].

Перехід до ринкових відносин вимагає підвищення ефективності виробництва продукції конопель. Інтенсифікація галузі коноплярства ґрунтується насамперед на широкому впровадженні ефективних технологій вирощування культури, в основу яких покладено оптимізацію умов їх росту та розвитку. А це, зі свого боку, передбачає впровадження адаптованих до умов агрокліматичної зони сортів, технологічних прийомів вирощування, раціональних систем удобрення, своєчасне й високоякісне виконання всіх технологічних прийомів тощо.

Україна має всі підстави залишатись одним зі світових лідерів у коноплярській галузі. У нашій державі вперше у світовій практиці створені ранньостиглі високопродуктивні сорти однодомних конопель без наркотичних властивостей, які не мають аналогів за кордоном. Вони користуються попитом у країнах Західної Європи, Китаї, Канаді та Росії. В Україні досить сприятливі ґрунтові та погодні умови для вирощування посівів конопель, є декілька конопляних заводів для переробки сировини на волокно, багаті традиції і набутий досвід щодо коноплярства. Передові господарства вирощують коноплі, застосовуючи прогресивну механізовану технологію. Однак у процесі збирання і первинного обробітку сировини частка ручної праці ще значна.

Прогресивна технологія вирощування конопель посівних має основне завдання – збільшення рівня врожайності та якості соломи, волокна і насіння конопель з метою зниження собівартості й підвищення конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках без негативних наслідків для довкілля.

Є кілька напрямів використання конопель посівних, а звідси і кілька способів їх вирощування. Однобічне використання спрямоване тільки на одержання волокна (зеленець). При цьому коноплі збирають у період відцвітання чоловічих квіток і на початку дозрівання окремих насінин. У цей період у рослин закінчується фаза вегетативного росту, повністю завершується формування волокна і воно характеризується найвищими споживчими властивостями. Двобічне використання конопель передбачає одержання волокна і насіння. Збирання конопель посівних проводять у фазі біологічного достигання рослин [118, 119, 120].

Останнім часом усе ширше застосовують технологію однобічного використання конопель тільки для одержання насіння на товарні цілі. При цьому використовують менші норми висіву насіння, збирання проводять у разі біологічного достигання рослин зернозбиральними комбайнами, а стебла використовують як побічну продукцію [121, 122, 123].

Коноплі посівні витримують умови монокультури. Однак за сівби їх на одному полі кілька років поспіль рівень урожайності знижується. За вирощування у беззмінній культурі під посів конопель необхідно щорічно вносити високі норми органічних і мінеральних добрив. Як показали дослідження Всесоюзного науково-дослідного інституту луб’яних культур, за розміщення конопель у сівозміні під їх сівбу можна застосовувати менші обсяги добрив і отримувати більш високі врожаї [124, 125].

За даними А. С. Хреннікова, коноплі виносять поживні речовини (N P K) з ґрунту у співвідношенні 100:30:60. В органічних добривах вони традиційно наявні у співвідношенні 100:50:120. Отже, за тривалого застосування органічних добрив під незмінні посіви відбувається недовикористання сполук фосфору і калію у орному шарі ґрунту. Монокультура конопель сприяє також накопиченню збудників хвороб і шкідників [126].

Кращими попередниками для посівів конопель, що забезпечують найбільш високу їх продуктивність, є просапні культури – картопля, буряки цукрові, кукурудза, потім конюшина і пшениця озима [127, 128, 129].

За розміщення конопель у сівозміні необхідно враховувати конкретні умови. Якщо господарство не має достатньої кількості азотних добрив, то коноплі доцільно висівати після багаторічних бобових трав, люпину і зернових бобових культур. Сівба на полях після просапних культур: картоплі, кукурудзи, буряках цукрових – сприяє доброму засвоєнню післядії добрив, внесених під попередники.

Сівозміни доцільно застосовувати диференційовано, з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей зони. У середній зоні країн колишнього СРСР посіви конопель посівних рекомендується розміщувати на низинних місцях і заплавних землях. У польових сівозмінах – після просапних і бобових культур, а у спеціалізованих сівозмінах із короткою ротацією культура займає два поля: 1 – картопля; 2 – коноплі; 3 – кукурудза на силос (зерно); 4 – коноплі [130,131].

В Україні коноплі вирощують у польових сівозмінах і розміщують зазвичай після пшениці озимої.

На полях, забруднених багаторічними коренепаростковими і кореневищними бур’янами та амброзією, посіви конопель на двобічне використання краще розміщувати після зернових культур, які рано звільняють поля і дають можливість вести захист від бур’янів за допомогою гербіцидів та у системі основного обробітку ґрунту. Не бажано розташовувати посіви конопель після соняшнику. На полях, забруднених переважно його падалицею, погіршується якість продукції коноплярства [132, 133, 134].

Коноплі посівні дуже вимогливі до рівня родючості ґрунту і наявності в ньому поживних речовин у легкозасвоюваних формах. За врожаю стебел 10 т/га південні коноплі виносять з ґрунту близько 200 кг азоту, 60 кг фосфору і 100–120 кг калію [135, 136].

Важливе місце у системі удобрення конопель посівних належить органічним добривам. Після просапних культур під коноплі рекомендують вносити не більше 20 т гною на гектар, на вилужених чорноземах і сірих лісових ґрунтах – 20–30, на опідзолених суглинкових ґрунтах і середньо окультурених польових ґрунтах – 30–40, на заливних заплавних ґрунтах і вилужених чорноземах Північного Кавказу і чорноземах півдня України – 10–20 т/га. Гній вносять або безпосередньо під коноплі, або під посіви попередників. Для підживлення рослин конопель використовують різні компости. Гнойову рідину застосовують для підживлення широкорядних насіннєвих посівів [137].

Зелені добрива – агротехнічний засіб підвищення родючості ґрунту й урожайності сільськогосподарських культур. У Поліській зоні за 45–55 днів такі культури, як редька олійна і гірчиця біла, здатні наростити біомасу (корені + наземна маса) – 200–300 ц/га [138].

Мінеральні добрива вносять як під посів конопель посівних, так і під інші культури у повному комплексі. Ефективність їх найбільш висока на підзолистих, сірих і темно-сірих лісових ґрунтах, а також на вилужених чорноземах і, особливо при зрошенні [139, 140, 141].

Коноплі дуже вимогливі до наявності у ґрунті легкодоступних поживних речовин через те, що мають відносно слабко розвинену кореневу систему і короткий за тривалістю період від бутонізації до цвітіння, коли відбувається найбільш інтенсивний ріст рослин у висоту і накопичення біологічної маси. За умов достатнього забезпечення вологою вони можуть витримувати досить високу концентрацію поживних речовин у ґрунті, а саме: 400 мг азоту, по 300 мг фосфору і калію на кілограм ґрунту, що не призводить до токсикації рослин. Оптимальною є доза азоту 200 мг, фосфору і калію по 100–150 мг на кілограм ґрунту. На створення центнера повітряно-сухої маси коноплі посівні використовують 1,42–1,58 кг азоту, 0,61–0,64 кг фосфору і 1,01–1,12 кг калію [142]. Основну їх кількість рослини культури засвоюють у період від сходів до

цвітіння. Період інтенсивного поглинання сполук азоту і калію у конопель починається перед етапом бутонізації і продовжується до повного цвітіння. Сполуки фосфорної кислоти коноплі засвоюють більш рівномірно, і лише у другій половині вегетації, коли проходить формування плодів і насіння, інтенсивність їх засвоєння суттєво зростає [143, 144, 145].

На підставі багаторічного вивчення рівня ефективності різних норм мінеральних добрив працівниками Інституту луб'яних культур НААН рекомендовано вносити під посіви конопель майже всі форми азотних, фосфорних і калійних добрив. Залежно від умов вирощування ефективність різних їх форм може змінюватися [146, 147].

Усе більше застосовують під коноплі комплексні добрива: нітрофоску, нітроамофоску, амофос, діамофос. Вони не поступаються еквівалентним сумішам традиційних добрив. Дія фосфорно-калійних добрив у районах із сухим кліматом ефективніша за внесення їх восени [148, 149].

Добрива, що вносять під посіви конопель, необхідно рівномірно розподілити по поверхні поля, інакше стеблестій сформується невирівняним. Органічні добрива вносять тракторними розкидачами РПТМ – 2,0 А, ПРТ – 16, ПРТ – 10 та ін. Для внесення мінеральних добрив використовують зернотукові сівалки і відцентрові розкидачі добрив: РУМ – 5, РУМ – 8 та ін. Застосовують і автомобільні розкидачі пилоподібних добрив АРУП – 8 і КСА – 3.

На торф'яно-болотних і на слабкоокультурених ґрунтах рослини конопель потребують сполук міді та бору. Добрива, які містять мідь, вносять одноразово на 4–5 років у кількості 0,3–0,5 т піритових огарків або 10–25 кг мідного купоросу на гектар. Борні добрива (борнодатолітові, осадовий борат магнію) застосовують з розрахунку 1–1,5 кг бору на гектар.

Рослини конопель дуже чутливі до підвищеного рівня кислотності ґрунту. Оптимальна реакція ґрунту для них – pH 5,5–7,5. Вапнування проводять або під попередник або безпосередньо під коноплі [142].

Отже, для вирощування конопель придатні всі типи ґрунтів. Для нормального росту і розвитку культури у ґрунтах має бути достатня кількість поживних речовин у засвоюваній формі, вони повинні бути близькими до нейтральних за кислотністю, пухкими, добре аерованими, достатньо забезпеченими повітрям і вологою упродовж усього вегетаційного періоду та з глибоким орним шаром.

Вибір оптимальної системи обробітку ґрунту для культури та певного поля є не простим процесом, оскільки залежить від багатьох складових. За вирощування конопель у сівозміні необхідно застосовувати диференційований обробіток ґрунту з певним співвідношенням полицевого, безполицевого, глибокого, неглибокого та поверхневого обробітку залежно від попередника, що сприяє підвищенню рівня врожайності конопель на 10,0–13,0 %, зниженню затрат праці і паливо-мастильних матеріалів, на 13,5 –15,7 та 21,2–25,2 % відповідно [150].

Під коноплі посівні у сівозміні можна проводити поверхневий обробіток ґрунту. На полях, засмічених багаторічними бур’янами, застосовують оранку на глибину 25–27 см. З урахуванням потреби культури у проведенні основного обробітку ґрунту оранку одного й того ж поля можна здійснювати один раз на чотири роки.

Під час росту і розвитку конопель у стартовий період, як стверджують науковці-практики, важливе значення мають фізичний стан і структура посівного шару, тобто тієї його частини, яка формує насіннєве ложе і забезпечує необхідний контакт між ґрунтом і насінням. Тому коноплі вимагають найбільш ретельного вирівнювання ґрунту в системі передпосівного його обробітку. Саме вирівнювання поверхні ґрунту і передпосівна культивація на задану глибину забезпечують загортання насіння на глибину 3–4 см, що зумовлює високу польову здатність до проростання, дружні сходи та високу вирівняність стеблостою, яка має безпосередній вплив на якість луб’яного волокна [151].

Передпосівний обробіток ґрунту необхідно здійснювати в єдиному технологічному процесі з сівбою конопель. Проміжок часу між цими операціями не має перевищувати трьох годин.

Найкраще передпосівний обробіток ґрунту здійснювати комбінованими агрегатами типу «Європак», АПОГ – 4(6), АПГ – 4,5 і типу «Компактор», ЛК – 2, ЛК – 4, ЛК – 6.

Прийоми обробітку ґрунту за вирощування конопель повинні бути спрямовані на збереження і накопичення вологи в ньому, поліпшення живлення, очищення полів від бур'янів. Правильним обробітком досягають рівномірного внесення добрив у ґрунт, створюють оптимальні умови для проростання насіння і появи сходів.

Обробіток ґрунту під коноплі залежить від попередніх культур і ґрунтово-кліматичних умов району вирощування. За розміщення конопель після пшениці озимої та інших стерньових попередників зазвичай проводять зяблеву оранку з попереднім лущенням стерні, а після картоплі або коренеплодів замість оранки застосовують лущення дисковими знаряддями на глибину 10–12 см і чизелювання на 20–22 см. Згідно з рекомендаціями наукових установ глибина зяблевої оранки має бути не менше 25–27 см. За невеликої потужності орного шару ґрунту оранку проводять на неповну глибину [152, 153, 154].

Оптимальні строки проведення зяблевої оранки у середній зоні – це серпень, а у південній – вересень–жовтень.

У південній зоні, де після збирання попередників до настання похолодання проходить близько трьох місяців, застосовують систему напівпарового обробітку ґрунту. Вона складається з лущення стерні, ранньої зяблевої оранки з одночасним вирівнюванням і коткуванням ґрунту, потім двох–трьох культивацій з метою знищення бур'янів. На заплавних землях оранку під коноплі проводять навесні, оскільки можливий змив ґрунту [155].

Весняний обробіток ґрунту під коноплі починають із ранньовесняного боронування зябу. Потім з метою розпушення ґрунту і знищення бур'янів проводять культивації, кількість і глибина яких залежать від стану ґрунту, погодних умов і регіону вирощування [156].

До посівних кондицій насіння конопель доводять шляхом первинного очищення, сушки, сортування, калібрування і протруювання. Сівбу здійснюють високоякісним насінням, яке відповідає вимогам ДСТУ 2240–93. Бажано використовувати для сівби насіння крупних фракцій [157].

Для підвищення врожаю та якості продукції конопель посівних можна використати опромінення насіння фізичними факторами або обробляти його регуляторами росту рослин. Ефект від стимуляції насіння проявляється в підвищенні показників здатності до проростання в польових умовах, урожайності насіння і соломи конопель в межах 11,3–21,8 % [158].

Строки сівби конопель є досить важливим елементом технології їх вирощування, оскільки вони зумовлюють не лише процес проростання насіння, а й проходження фенофаз росту і розвитку рослин. Як зазначають науковці, найвищий рівень продуктивності рослин конопель може бути досягнутий за сівби у ранні строки, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння досягає + 8…+ 10^0С. Урожайність соломи і волокна конопель за такого строку сівби у середньому на 20–35 % вище порівняно з пізніми строками [40].

У конопель посівних урожайність соломи (стебел), волокна і насіння та їх якість значною мірою залежать від норми висіву і способу сівби [159, 160, 161].

У певних межах збільшення норми висіву насіння конопель приводить до зростання рівня урожайності та якості соломи (волокнистої продукції) і зменшення насіннєвої продуктивності, а зниження норми висіву навпаки до зростання урожайності та якості насіння і зменшення урожаю волокнистої продукції. Є і середня норма сівби, яка забезпечує оптимальний за розміром і якістю урожай як волокнистої, так і насіннєвої продукції, що відповідає оптимальній нормі посіву конопель на двобічне використання. Така

закономірність у зміні рівня урожайності першого і другого виду продукції конопель від норми висіву змушує постійно вести пошук оптимальних норм сівби культури, які забезпечували б вимоги виробництва окремо у високоякісній насіннєвій, окремо у волокнистій та одночасно у насіннєвій і волокнистій продукції відповідно до існуючих напрямків вирощування конопель – волокнистих (зеленцевих), целюлозно-паперових, двобічних (солома і насіння) і насіннєвих. Ця тема завжди буде актуальною для досліджень, особливо за умов впровадження у виробництво новостворених сортів [162].

За вирощування рослин конопель посівних на зеленець застосовують звичайну рядкову сівбу (міжряддя 15 см) з нормою до 5 млн насінин, здатних до проростання (90–100 кг) на гектар. При двобічному використанні на волокно і насіння застосовують також суцільну рядкову сівбу з нормою висіву однодомних конопель до 4 млн (70–80 кг) і дводомних – до 5 млн здатних до проростання насінин (90–100 кг) на гектар. Сівбу конопель для отримання насіння проводять з шириною міжрядь для сортів середньоросійських конопель 45 см, південних – 60–70 см і з нормою висіву 1,5–2,0 млн здатних до проростання насінин (25–35 кг) на гектар [163].

Висівати коноплі посівні звичайним рядковим способом рекомендується зерновими сівалками С3–3,6, лляними сівалками СЗЛ – 3,6, СУЛ – 48 або відповідними закордонними аналогами. Для широкорядного посіву використовують бурякові ССТ-12А, ССТ-12Б, овочеві – СО-4,2 і зернові С3-3,6 сівалки з відповідною розстановкою сошників. За сучасних умов серед вітчизняних виробників треба звернути увагу на сівалку Веста УПС-12-02, яка також дозволяє вносити і мінеральні добрива під час посіву. Щодо закордонної техніки, то сбогодні для широкорядного посіву конопель рекомендують використовувати посівні комплекси Horsch Maestro RC 12.45-50 RC, Väderstad Tempo V та ін. Глибина загортання на суглинкових ґрунтах 3–4 см, на супіщаних – 5–6 см [164, 165].

Догляд за посівами конопель розпочинається відразу після сівби. Комплекс заходів передбачає знищення ґрунтової кірки, підживлення рослин, міжрядні обробітки, застосування засобів захисту рослин, додаткове запилення насінницьких посівів під час цвітіння рослин плосконі, проведення передзбиральної дефоліації або десикації рослин .

За органічного виробництва промислових конопель не допускається застосування хімічних засобів захисту рослин. Тому передпосівне, післяпосівне, досходове та післясходове боронування – основні елементи технології догляду за посівами конопель [166].

За недостатньої вологості верхнього шару ґрунту відразу ж після сівби поле прикочують котками в агрегаті з посівними боронами. У разі перезволоження у боротьбі з ґрунтовою кіркою, що утворилася після сівби конопель, застосовують боронування або прикочування кільчастим катком, а також використовують ротаційні мотики. Необхідно враховувати стан проростків конопель: у період початку проростання насіння можна проводити боронування поперек рядків, у період появи сходів доцільно застосовувати коток або ротаційну мотику [167].

Захист від бур’янів у посівах конопель необхідно проводити комплексно з використанням агротехнічних і хімічних заходів. На посівах кукурудзи, пшениці озимої, які у сівозмінах часто передують посівам конопель, є можливість застосування широкого спектра протидводольних гербіцидів. Вони не тільки пригнічують бур’яни у посівах кукурудзи та пшениці, а й знижують засміченість у наступних за ними посівах конопель.

Технологією вирощування конопель на волокно (зеленець) застосування гербіцидів не передбачено. Їх використання доцільне лише на розріджених насіннєвих посівах, розміщених на забур’янених полях. Залежно від забур’яненості конкретного поля до посіву або до появи сходів конопель рекомендують застосовувати: Тілам 76,4% к. е. (тілам 764 г/л) – 4,0–5,0 л/га, Дуал Голд 96% к. е. (S–метолахлор, 960 г/л) – 1,0–1,5 л/га, Вензар, 80% з. п.

(ленацил 800 г/кг) – 1,2–1,5 кг/га, Лінурон 50% з. п. (лінурон 500 г/кг) – 1,0–1,5 кг/га, а також Гезагард 50% к. с. (прометрин 500 г/л) – 1,5–2,5 л/га з обов'язковою заробкою гербіциду у ґрунт. Злакові бур'яни у період вегетації доцільно знищувати граміницидами [164, 168].

Важливе значення має міжрядний обробіток широкорядних посівів конопель. Розпушування міжрядь покращує водний і повітряний режим ґрунту, зменшує шкодочинність шкідливих об'єктів, дозволяє провести підживлення рослин. Для обробки міжрядь використовують культиватори КРН – 4,2, КРН – 5,6 та інші з лапами-бритвами або стрілчастими лапами, обладнані спареними голчастими дисками для розпушування ґрунту в рядках. Добрива закладають у ґрунт на глибину 8–10 см і на відстані 10–12 см від рядка. Серед мінеральних добрив широко застосовують аміачну селітру, карбамід, сульфат амонію (50–150 кг/га) [169, 170, 171].

Рослини конопель пошкоджують більше 70 видів шкідників [172, 173]. Серед комах основними спеціалізованими є конопляна блішка (*Psylliodes attenuata* Koch.), конопляна попелиця (*Phorodon cannabis* Pass.), конопляна листокрутка (*Grapholitha delineana* Wlk.), конопляна шипоноска (*Mordellistena micans* Germ.) та такі багатоїдні шкідники, як стебловий метелик (*Ostrinia nubilalis* Hb.), лучний метелик (*Pyrausta sticticalis* L.), совка-гамма (*Autographa gamma* L.), шкідлива довгоніжка (*Tipula paludosa* Mg.), клопи та ін. [174, 175, 176].

Коноплі можуть уражатись грибковими і бактеріальними хворобами, серед яких найбільш поширені фузаріоз (зб. *Fusarium oxysporum* Schl. *f. cannabis* Bilai.), сіра гниль (зб. *Botrytis cinerea* Fr.), септоріоз (зб. *Septoria cannabis* Sacc.), біла гниль (зб. *Sclerotinia sclerotiorum* By), дендрофомоз (сіра плямистість стебел) (зб. *Dendrophoma marconii* Cav.), філостиктоз (зб. *Phyllosticta cannabina* Speg), бура плямистість (зб. *Stemphylium cannabinum Chochr*.), несправжня борошниста роса (зб. *Pseudoperonospora cannabina* Peglion), гіллястий вовчок (*Orobanche romosa* L.) [177].

Для захисту рослин конопель від шкідників і хвороб застосовують інтегрований метод захисту рослин, що охоплює імунологічні, агротехнічні, хімічні, біологічні та інші способи. Серед агротехнічних заходів велике значення мають дотримання сівозміни, глибока осіння оранка ґрунту, знищення післяжнивних решток, падалиці конопель і бур'янів [178, 179].

Передпосівне протруєння насіння є обов'язковим елементом сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Так, допосівна обробка насіння конопель посівних препаратом Вітавакс, 40% в. с. к. (карбоксин 20 г/л, тирам 200 г/л) – 2,5 л/т захищає рослини від більшості поширених у регіоні насіннєвих інфекцій та хвороб сходів. Застосування інсектициду Круїзер, 35% т. к. с. (тіаметоксам 350 г/л) – 2,0 л/т для передпосівної обробки насіння дозволяє надійно захистити рослини конопель посівних від основних шкідників сходів (дротяники – Elateridae, личинки пластинчастовусих жуків – Scarabaeidae, жук-кравець – *Lethrus apterus* Laxm., конопляна блішка – *Psylliodes attenuate* Koch., попелиці – Aphididae та ін.). Найбільш шкодочинними комахами-фітофагами основного періоду вегетації конопель посівних є лускокрилі шкідники – стебловий метелик – *Pyrausta nubilalis* Hb. та гусениці совок – Noctuidae. У разі значної їх кількості на початку яйцекладки шкідника рекомендується авіаметодом застосовувати інсектицид Кораген, 20% к. с. (хлорантраніліпрол – 200 г/л) – 0,15 л/га або трихограму (75–100 тис.шт/га на початку яйцекладки і через 7–10 днів) проти відповідних видів, наприклад, стеблового метелика – еванесценс [121, 180].

У південних районах України посіви конопель зрошують. У сухі роки для підтримки вологості ґрунту на рівні не нижче 75% НВ необхідно проводити 2–3 поливи зі зрошувальною нормою 1800–3500 $м^3$ /га, а у вологі роки досить одного вегетаційного поливу зі зрошувальною нормою 600 –800 $м^3$/га. Терміни поливів визначають за показниками рівня вологості ґрунту [181, 182].

У коноплярстві цикл виробництва можна розділити на два основних періоди: перший – пов'язаний з вирощуванням конопель, а другий – збиранням

продукції. Другий період не менш важливий за перший. Він пов'язаний із напрямками використання продукції, строками і способами збирання та комплексом технічних засобів, які залучають для виконання процесу збирання [183, 184, 185].

Інститутом луб'яних культур НААН розроблено і упроваджено у виробництво коноплежниварки – ЖК – 2,1 А, ЖК – 1,9, коноплемолотарки – МКС – 1,5, МК – 1,5, МК – 1 с, кенафозбиральна машина – ЖКП – 1,2, лубокомбайн прямоточний, підбирач лубу, кенафу, лубовиділювач ЛВ – 1 та коноплезбиральні комбайни – КУК – 1,5, ККН – 1,8, ККП – 1,8, ККУ – 1,9, використання яких дозволяє значно механізувати збирання конопель посівних. Наприкінці дев'яностих років розроблена потокова технологія збирання рослин конопель із застосуванням великовантажних тюків і комплексу машин для її здійснення – підбирач-обертач ОЛКК, підбирач ПКВ – 1, універсальний тюкувальник ТЛК – 1 та комплекс механізмів для їх навантажування, розвантажування і транспортування, що дозволяє знизити витрати праці на збиранні понад 4 рази [186, 187].

Збирання на волокно (зеленець) проводять у період технічної стиглості конопель. Головною вимогою такого збирання є збереження паралельності стебел від зрізання на полі до переробки на коноплезаводах і відокремлення листків. Здійснюють збирання на основі використання спеціальної коноплезбиральної техніки: жатки ЖК – 1,9 із розстилаючим чи в'язальним апаратом, рулонного преса-підбирача чи коноплепідбирача ПКВ – 1 або зв'язування трести вручну у снопи. Збір урожаю посівів на зеленець проводять у фазу відцвітання плосконі у короткі терміни [188, 189].

Оптимальним строком збирання конопель для отримання біомаси є технічна стиглість рослин. У процесі збирання не дотримується паралельність стебел. Збирання можна проводити з перерізуванням, плющенням або подрібненням рослин, висушуванням їх на полі з подальшим підбиранням у великі пакунки у вигляді сіна. Для збирання використовують

сільськогосподарську техніку загального використання: жниварки, валкоутворювачі, преси [190, 191, 192].

На двобічне використання конопель (солому, волокно і насіння) збирання проводять у період біологічної стиглості рослин. Для зрізування рослин зі збереженням їх паралельності та зв'язування у снопи використовують коноплежатку ЖК – 1,9 з в'язальним апаратом. Насіння з висушених на полі снопів конопель вимолочують на коноплемолотарці МЛК – 4,5 А. Після обмолоту снопи переробляють на волокно на коноплезаводах [193, 194].

Для одночасного зрізування рослин і вимолочування насіння конопель використовують також зернозбиральні комбайни клавішного типу вітчизняного і зарубіжного виробництва: «Claas», «Case», «John Deere» та ін. [195, 196, 197]. Після збирання насіння обов'язково направляють на висушування, а подрібнене стебло з наполовину або повністю зрізаної рослини розстилають у полі з подальшим підбиранням маси прес-підбирачами. Особливо не бажаним за двобічного використання конопель є перестій на пні рослин після повного достигання насіння, що призводить до значних втрат урожаю насіння і соломи, а отже, і прибутку [198, 199].

Збирання рослин конопель на насіння проводять так само, як і на двобічне використання у фазу біологічної стиглості рослин зернозбиральними комбайнами без збирання лубоволокнистої частини рослини. Відразу після проходу комбайна стерня підлягає кількаразовій обробці важкими дисковими знаряддями [200, 201, 202].

До моменту збирання, особливо на зеленець, рослини конопель залишаються зеленими, мають велику масу листків. Для їх видалення (дефоліація) і підсушування рослин на корені (десикація) застосовують хімічні речовини. Використання прийомів дефоліації і десикації дозволяє раніше розпочати збирання врожаю, полегшує роботу машин, підвищує їх продуктивність, зменшує витрати на підсушування насіння і снопів.

Для дефоліації рослин конопель на зеленець рекомендовано застосовувати препарат Пурівел, 80% з. п. (метоксурон – 800 г/кг) – 7,5 кг/га. Його застосовують за допомогою обприскування авіацією на початку відцвітання плосконі. Витрата робочої рідини 100 л/га. Урожай культури збирають через 16–18 діб. Порівняно з хлоратом магнію пурівел забезпечує більш повне опадання листків і елементів суцвіть. Застосування Пурівелу не знижує врожай та якість луб'яного волокна [203].

Десикацію – передзбиральне підсушування рослин на насіннєвих посівах конопель – проводять за дозрівання 50–75% насінин у середній частині більшості суцвіть. Такий захід дозволяє скоротити строк дозрівання зерна на 8–10 діб, а вологість знизити майже до кондиційних параметрів (до 15,0 – 15,5 %). Так, обробка посівів препаратами Раундап, 36% в. р. (гліфосат – 360 г/л) – 2,0 л/га і Реглон Супер, 15 % р. к. (дикват – 150 г/л) – 1,0 л/га при дозріванні у середній частині більшості суцвітть 50% насінин забезпечує прибавку урожаю насіння на 0,21–0,28 т/га, підвищує крупність на 1,1 – 1,7 г/1000 шт, не знижуючи якість насіння і соломи [204].

В основу стандарту на солому конопель покладено інструментальний метод оцінки якості соломи за її фізико-механічними властивостями – довжиною, діаметром і кольором стебел, вмістом лубу і його міцністю [205, 206].

В основу стандарту на тресту конопель покладено лабораторне визначення її фізико-хімічних властивостей – довжини, діаметра стебел, міцності волокна, ступеня обробки трести, вмісту волокна [207, 208].

1.5. Основні напрями наукових досліджень конопель

Рослини конопель посівних є надзвичайно цікавими об'єктами біологічних досліджень, більшість відмітностей між жіночими і чоловічими особинами яких обумовлена необхідністю дотримання умов перехресного запилення, забезпечуючи нащадкам високу життєздатність. Результатом

тривалої еволюції культури стала висока пластичність її рослин і їх пристосувальні зміни до умов вирощування. Відбулося розділення функцій рослин на статі – жіночу (матірку) і чоловічу (плоскінь) у співвідношенні, близькому до 1:1. Перші – фемінізовані, другі – маскулінізовані з відповідним габітусом і безліччю статевих типів, на прикладі яких можна прослідкувати поступовий перехід від однієї форми до іншої. Окрім суворої диференціації рослин конопель за їх статтю, спостерігається ще й упереджене зацвітання жіночих квіток за 3–4 доби у середньоросійських і 7–10 діб у південних типів конопель. Пилок із рослин чоловічої статі (плоскінь) має високу парусність і легко може бути перенесений вітром на значну відстань і, крім того, порівняно швидший ріст пилкових трубок за одночасного попадання на приймочку маточки у дво- і однодомних конопель [209, 210].

Наявність окремих двостатевих квіток викликала дискусію в наукових колах щодо еволюційного процесу рослин конопель. Деякі науковці поділяють гіпотезу філогенезу культури, згідно з якою еволюційний розвиток конопель відбувався від рослин з гермафродитними квітками до роздільностатевих однодомних із подальшою диференціацією рослин за морфологічними і фізіологічними особливостями [211, 212, 213].

З огляду на значну відмітність між рослинами матірки і плосконі за морфологічними і біологічними особливостями, у дводомних конопель тип розмноження обумовлений високою гетерозиготністю батьківських форм і відповідно високою життєздатністю потомства з наявними для нього елементами гетерозису. Тож дводомність як явище і результат тривалої еволюції виявилась найціннішим у біологічному відношенні до культури, проте щодо господарської оцінки є досить невигідним, оскільки чоловіча стать після відмирання усихає, що ускладнює використання засобів механізації для збирання врожаю. Іншого засобу в минулому столітті, як вибирати рослини плосконі вручну, не існувало, що призводило до витрат близько 20–25

людино-днів на гектар посіву, що було досить затратним у межах господарства [214, 215].

Ураховуючи значення культури у суспільстві та селянському побуті, а також її роль як одного із головних прибуткових джерел у царській Росії та молодій радянській державі, під коноплі відводили досить пристойні посівні площі упродовж століття. Так, у 1912 р. коноплі висівали у 89 губерніях і областях на площі 626,8 тис. десятин (683,1 тис. га), яка забезпечила виробництво 402,5 тис. тонн насіння за середньої врожайності 6,7 ц/га і 24,6 млн пудів волокна за середньої врожайності 6,4 ц/га. У окремі роки коноплі займали до мільйона гектарів, або понад 80% посівів від усіх країн Європи, і простягалися від південних районів Російської імперії до північних кордонів землеробства [216, 217].

У Європі високорослі сорти конопель у цей період застосовували ще і як засіб захисту зернових культур від пошкодження вітром [218, 219].

У передвоєнній Україні (30-ті роки минулого століття) коноплі висівали на 140 тис. га. Вони займали площу близько чверті від загальних посівів у СРСР цього періоду. Проте уже на початок 60-х років загальна посівна площа конопель різко зменшилась [220].

Упродовж історії наукових досліджень вивчення особливостей конопель проводили епізодично. Перші дослідження були пов’язані в основному з вивченням статевого диморфізму, анатомічної будови стебел і неодночасності достигання рослин H. Fr. Autenrieth (1891), G. Briosi, F. Tognini (1894), E. Strasburger (1910) та ін. [221]. Багатовекторність у вивченні культури розпочалась з організації Інституту конопель за ініціативи М. І. Вавилова (1931 р.). Необхідно відмітити, що за результативністю досліджень того періоду заклад став одним із авторитетних у світі, де об’єктом вивчення були лише рослини конопель. Індустріалізація країни вимагала значних коштів і сировинних матеріалів, джерелом яких могли бути коноплі й інші луб’яні

культури. Одним із швидких заходів підвищення продуктивності рослин в основному була селекція [222, 223].

Для проведення селекційної роботи як вихідний матеріал були залучені на той час місцеві сорти або кряжі середньоросійських і південних конопель, які виявились пластичними до умов різних еколого-географічних регіонів і представляли результат народної селекції шляхом застосування таких простих заходів, як «січка» і «молочка». Перші сприяли формуванню однорідного стеблостою з поліпшеною якістю волокна при компактному суцвітті, а другі – більш розгалуженого, схильного до формування вищого урожаю насіння [224, 225].

Місцеві сорти – кряжі відрізнялись високою пластичністю до умов вирощування, ставши рудеральною культурою, під яку відводили кращі ділянки з родючими ґрунтами за достатнього внесення органічних добрив. Століттями формувався цілий комплекс заходів щодо вирощування та первинної переробки стебел (трести) і прядіння луб’яного волокна з набором удосконалених знарядь, які передавались від покоління до покоління коноплярів [226].

На виконання завдань зі швидкого підвищення рівня врожайності волокна у районах середньоросійського коноплярства були розпочаті селекційні роботи з акліматизації південних конопель як найбільш урожайних за виходом волокна. Першими результатами таких досліджень стали нові сорти: ЮС – 1 (від рос. южносозревающий), ЮС – 58, ЮС – ЛОС, вихідним матеріалом для яких слугували коноплі італійського походження. Ці сорти поєднували порівняно високий урожай луб’яного волокна за коротший вегетаційний період, а за урожаєм насіння займали проміжне місце між середньоросійськими і південними коноплями [227, 228, 229].

Проблема отримання високих урожаїв волокна була завжди актуальною і вирішували її як шляхом збільшення маси соломи з одиниці площі, так і вмісту волокна загалом і в окремо взятій стеблині. Підвищення вмісту волокна у

стеблах місцевого сорту Новгород-Сіверські віднесено до класичних прикладів світової селекції, коли за 50 років вміст волокна сягнув з 14 за межі 35 % на прикладі сортів Глухівські 1, Глухівські 10 тощо [230].

Успішним результатом поєднання методів гібридизації та цілеспрямованого добору став сорт ЮС – 6, створений проф. Г. І. Сенченком. Цей сорт вдало поєднував підвищений урожай соломи південних конопель порівняно з середньоросійськими і високий вміст волокна у стеблах. У 1968 р. сорт займав 89,4 тис. га, що складало більшу частину посівів конопель у середньоросійській зоні. Завдяки цим успіхам вдалось значно підвищити ефективність коноплярства і за вираженої вже на той час тенденції щодо скорочення посівів зберегти високе виробництво волокна в СРСР ще упродовж тривалого часу [231, 232].

Вирощування конопель як дводомної культури супроводжується великими затратами ручної праці на вибирання рослин плосконі. У Радянські часи за достатньої кількості сільського населення ця проблема не була такою гострою [233, 234]. З часом потреба вибирання плосконі відпала завдяки досягненням селекції – були створені одночасно достигаючі, а пізніше однодомні коноплі [235, 236].

Здатність рослин конопель рости на обох півкулях Землі призвела спонтанно до двох ботанічних видів, один із яких це коноплі посівні – *Cannabis sativa* L., другий – *C. indica* L. – коноплі індійські або гашишні. Перший вид більше культивують у європейській частині і використовують в основному як волокнисту культуру для виробництва луб’яного волокна, хоча про інші цінні властивості цих рослин людям було відомо здавна [237, 238, 239]. У кінці 60-х років минулого століття все частіше їх стали використовувати як наркотичну сировину, що поступово переросло у гостру соціальну проблему, для вирішення якої залучили селекційний процес. У результаті багаторічних досліджень науковці-селекціонери створили нові безнаркотичні сорти однодомних конопель [240, 241, 242].

Вирощування конопель у післявоєнний період, коли у посівах домінували дводомні сорти, багате прикладами, коли сорти за дотримання технології вирощування давали високі врожаї насіння [243, 244].

Історія створення однодомних рослин конопель досить тривала і бере свій початок від одночасно достигаючих, нестабільність яких за названою ознакою спонукала до кардинальних змін у напрямі селекції. Упровадження у виробництво однодомних конопель розпочалось з районування у 1968 р. нового високопродуктивного сорту ЮСО – 1 [245]. Провідні селекціонери Е. С. Гуржій і А. І. Аринштейн поставили за мету створення однодомної форми, у якій за домінуючий статевий тип вибрали однодомну фемінізовану плоскінь, незважаючи на її дрібнонасінність, зорієнтувавшись на таку позитивну ознаку, як порівняно наближені терміни цвітіння жіночих і чоловічих квіток, сподіваючись на формування популяції за однодомністю. Відносно швидко було створено цілу низку сортів однодомних середньоросійських конопель з переважаючим складом у популяції рослин однодомної фемінізованої плосконі [246].

За зростаючих вимог до сортів однодомних конопель, зокрема й до урожаю насіння, поступово селекційну роботу переорієнтували на такий статевий тип, як однодомна фемінізована матірка, не послабляючи дії добору на зближення термінів цвітіння жіночих і чоловічих квіток як одного із чинників збереження стабільності популяції за однодомністю [247, 248].

Результатом тривалої селекційної роботи стало створення нового покоління сортів однодомних конопель, у яких популяція представлена однодомними рослинами, серед яких на однодомну фемінізовану матірку припадало від 85,6 (Глухівські однодомні 18) до 97,9 % (Глесія). Серед однодомної фемінізованої матірки від трьох до чотирьох чвертей припадає на рослини, у яких у суцвітті більше маточкових квіток, ніж тичинкових. Висока однорідність стеблестою практично вилучила зі складу популяції рослини звичайної матірки і звичайної плосконі, у результаті чого до мінімуму

уповільнився спонтанний реверс до відновлення дводомної форми [249, 250, 251].

Вітчизняна успішна селекційна робота зі створення безнаркотичних сортів конопель посівних дозволила культивувати цю культуру не лише в Україні, а й за кордоном – Росії, країнах ЄС, Канаді, Австралії, Китаї, відновити посіви у деяких штатах США та ін.[252].

Ураховуючи те що останнім часом підвищився світовий інтерес до використання канабіноїдів у медицині [253, 254, 255], українські селекціонери розпочали роботу над створенням сортів технічних конопель з підвищеним вмістом канабідіолу (КБД), який не є психотропним канабіноїдом, і водночас з повною відсутністю або незначним вмістом тетрагідроканабінолу (ТГК), вміст якого не повинен перевищувати певної межі (за Українським законодавством не більше 0,08 %) [256, 257]. Головна цінність КБД полягає у тому, що він володіє багатьма терапевтичними ефектами. З огляду на результати наукових досліджень учених різних країн світу, можливості медичного застосування КБД, а відповідно і сортів конопель з підвищеним вмістом КБД, великі [258, 259, 260].

Підсумовуючи, необхідно зазначити, що у кінці ХХ і на початку ХХІ століть в Україні відбулися кардинальні зміни у народному господарстві, які змінили форму власності на основні засоби виробництва у сільському господарстві, що призвело до скорочення площ посівів високозатратних культур, до яких увійшли і коноплі. Це у той період, коли у розвинених країнах світу різко зріс попит на вироби із рослинних волокон і конопляну сировину для фармацевтичної галузі. Крім того, підвищився попит на насіння як джерело нових продуктів харчування і незамінного корму для птахів та цінних порід риб. Тому світові посіви конопель з кожним роком зростають, на що сподіваються і вітчизняні виробники цієї культури, яка є цінною для народного господарства. Проведені дисертантом дослідження сприятимуть розвитку галузі коноплярства і стануть поштовхом для подальших досліджень.

Висновки до розділу

1. Опрацьовано вітчизняну та зарубіжну літературу щодо формування продуктивності конопель посівних (*Cannabis sativa* L.).

2. Установлено низький рівень висвітлення питань щодо особливостей впливу світлових (енергетичних) режимів на посіви конопель посівних й структуру урожаю, а також щодо фізіологічної реакції генотипів культури до умов посухи, що наразі є надзвичайно актуальним. Недостатньо вивчена можливість беззмінного вирощування посівів конопель посівних й використання культури як фітомеліоранта. Потребують подальшого дослідження технологічні агрозаходи, зокрема норма висіву насіння та удобрення.

3. Обґрунтовано необхідність проведення досліджень щодо агротехнічних основ реалізації потенціалу культури конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) за сучасних умов.

Список використаних джерел

1. Кондратенко А. И. Золотой век конопли. Орел : Тип. «*Труд*», 1998. 199 с.

2. Плотников С. И. Конопля. М. : *Сельхозгиз*, 1931. 392 с.

3. Conrad C. Hemp for Health: the medical and nutritional uses of *Cannabis sativa* L. *Rochester VT:* Healing Art Press, 1997. 264 p.

4. Berenji J. Istine i zablude o konoplji. *Zb. Rad* / Nauc. Inst. Ratarstvo Povrtarstvo. Novi Sad, 1998. Sv. 30. S. 271–281.

5. Конопля /М. А. Тимонин и др.; под ред. : Г. И. Сенченко, М. А. Тимонина. М. : Колос, 1978. 287 с.

6. Russo E. B. History of cannabis and its preparations in saga, science, and sobriquet. *Chemistry & Biodiversity*, 4(8):1614-48. doi: 10.1002/cbdv.200790144.

7. Добкин Р. М. Растительные галлюциногены. М. : КСП, 1997. 272 с.

8. Федорова А. А. Жизнь растений. М. : Просвещение, 1976. Т. 5, Ч. 1. 487 с.

9. Schluttenhofer C, Yuan L. Challenges towards revitalizing hemp: a multifaced crop. *Trends Plant Sci* 22:917–929. URL: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.004 (дата звернення: 8.10.2020).

10. Джеймс У. Многообразие религиозного опыта. М. : Наука, 1993. 432 с.

11. Маккенна Т. Пища Богов. М. : ТПИ, 1995. 379 с.

12. Каструбин Э. М. Трансовые состояния и «поле смысла». М. : КСП, 1995. 288 с.

13. Штайнер Р. Мистерии древности и християнство. М. : СП «Интербук», 1990. 125 с.

14. Shoyama Yukihiro. Interview. *J. Int. Hemp Ass*. 1997. Vol. 4, № 2. P. 95–96.

15. Wu Wei. History and market of hemp in China. *Natural fibres*. 1998. № 1. P. 9–12.

16. Малахнюк В. П. Лекарственные растения в народной медицине. Саратов : Приволжское кн. изд-во, 1991. 186 с.

17. Ludlow Fitz Hugh. The Hasheesh eater. New York, 1857. 371 p.

18. Гришко Н. Н. Биология конопли. Харьков–Киев: Гос. изд-во колх. и совх. литературы УССР, 1935. 268 с.

19. Воронков Ю. М., Зеленецкий В. С. Изучение изменения содержания каннабиноидов в образцах гашиша и растительной массы конопли в процессе хранения. М. : *Экспертная практика и новые методы исследований*, 1983. Вып. 1. С. 1–12.

20. Turner C. E., Elsohly M. A., Goeren E. G. Constituents of *Cannabis sativa* L. XVII. A review of the natural constituents. *J. Nat. Prod*. 1980. V. 43. P. 169–234.

21. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона в 82 т. М. : Терра, 2001. Т. 40. 726 с.

22. Масличные культуры (характеристика качества масла по составу и содержанию жирных кислот) / А. И. Ермаков и др.; под ред. А. И. Ермакова. Л. : Каталог «Мировой коллекции ВИР», 1982. 337 с.

23. Добрынин В. И. Учебник по биологической химии. М. : Гос. Изд-во мед. литературы, 1963. 447 с.

24. INCB – Single Convention on Narcotic Drugs, 1961. Cannabaceae. URL: **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** (дата звернення: 12.12.2020).

25. Огінова І. О., Пахомов О. Є. Теорія еволюції (системний розвиток життя на землі) : підр. Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2011. 540 с.

26. Hilling K. W., Mahlberg P. G. A chemotaxonomic analyses of cannabinoid variation in Cannabis (Cannabaceae). *American Journal of Botany*. 2004. № 91 (6). P. 966–975.

27. Тихомиров В. Т. Состояние и перспективы коноплеводства в России : *сб. науч. тр. ПензНИИСХ: Вопросы интенсификации сельскохозяйственного производства в исследованиях Пензенского НИИСХ за 1995–1999 гг.* Пенза, 1999. С. 130–138.

28. Румянцева Л. Г., Дудник М. Г. Изучение коллекции конопли : метод. указ. Л. : ВИР, 1969. 20 с.

29. Шкателов В. Маслобойное производство. Полная энциклопедия русского сельского хозяйства и соприкасающихся с ним наук. СПб., 1901. Том V. С. 511–532.

30. Прянишников Д. Н. Частное земледелие (растения полевой культуры). Избранные сочинения. М. : Колос, 1965. Том II. С. 708.

31. Bouloc P., Allegret S., Arnaud L., eds. The Hystory of Hemp. *In Hemp: Industrial Production and Uses Hemp*; CAB international: Bar sur Aube, France, 2013; pp. 4–25: DOI: 10.1079 / 9781845937935.0004.

32. Тихомиров В. Т., Барашкин В. А. Способ получения, состав, физиологическое действие конопляного масла. *Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология растений.* 2002. № 1. С. 32–37.

33. Evaluation on current methods to estimate pulp yield of hemp / E. P. M. Meijer, H. M. G. Van der Werf. *Ind. Crop and Prod*. 1994. № 2. P. 111–120.

34. SANKARI H. S. Plant development and stem yield of non-domestic fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars in long-day growth conditions in Finland. H. S. SANKARI, T. J. N. MELA. *J. Agron.Crop. Sc*. 1998. Vol. 181. № 3. P. 153–159.

35. Хроматография в тонких слоях / под ред. Э. Шталя. М. : Мир, 1965. 508 с.

36. Zhang Q., Chen X., Guo H. et al. Latitudinal adaptation and genetic insights into the origins of *Cannabis sativa* L. *Frontiers in Plant Science.* 2018. Vol. 9, 1876. P. 1–13. DOI: 10.3389/fpls.2018.01876

37. Резвих Н. І. Світовий та вітчизняний досвід використання стебел конопель. *Легка промисловість*. 2010. № 2. С. 34–36.

38. Emboden W. A. Cannabis – a polytypic genus. *Economic Botany*. 1974. № 28 (3). P. 304–310.

39. Давидян Г. Г. История коноплеводства в СССР : *сб. тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Л. : ВНИИР. 1970. Т. 42, Вып. 1. С. 129–139.

40. Коноплі / В. Г. Вировець та ін.; за ред. : М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. 384 с.

41. Hilling K. W. Genetic evidence for speciation in *Cannabis (Cannabaceae). Genetic Resources and Crop Evolution.* 2005. Vol. 52, Iss. 2. P. 161–180.

42. Anderson L. C. Leaf variation among Cannabis species from a controlled garden. *Botanical Museum Leaflets Harvard University*. 1980. № 28 (1). P. 61–69.

43. . Cannabis : an example of taxonomic neglect / R. E. Schultes, W. M. Klein, T. Plowman et. al. *Botanical Museum Leaflets Harvard University*. 1974. № 23. P. 337–367.

44. Воронков Ю. М., В. С. Зеленецкий. Использование данных об основных и минорных компонентах растения конопли при криминалистических исследованиях гашиша : метод. реком. М. : ВНИИСЭ. 1980. 26 с.

45. Лазурьевский Г. В., Николаева А. А. Каннабиноиды. Кишинев : Штиинца 1, 1972. 67 с.

46. Закон України «Про наркотичні засоби, психотропні речовини і прекурсори» від 15.02.1995 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/60/95-%D0%B2%D1%80 (дата звернення: 3.11.2020).

47. Кабанець В. М. Сучасний стан та напрямки використання промислових конопель. *Гончарівські читання* : збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції, 28 травня 2013. Суми : Сумський НАУ, 2013. С. 124–126.

48. Crini G., Lichtfouse E., Chanet G., Morin-Crini N. Traditional and New Applications of Hemp. *Sustainable Agriculture Reviews*, vol 42. Springer, Cham. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-030-41384-2_2 (дата звернення: 14.11.2020).

49. Мигаль М. Д., Ступак Т. І., Кабанець В. М. Ідентифікація сортів конопель за морфологічними ознаками. *Вісник аграрної науки*. 2011р. № 10. С. 42–44.

50. Аринштейн А. И. Направленное изменение пола у конопли в целях выведения сортов, обеспечивающих проведение однократной механизированной уборки : *Управление наследственностью с.-х. растений*. М., 1963. С. 420–429.

51. Резвих Н. І., Ляліна Н. П., Чурсіна Л. А. Мінливість фізико-механічних властивостей статевих типів однодомних конопель : *праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2010. Т. 1, Вип. 10. С. 157–161.

52. Callaway J. C. Hemp seed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 2004. 140, 65–72. URL : https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6 (дата звернення: 16.11.2020).

53. Oomah B. D., Busson M., Godfrey D. V., Drover J. C. G. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. Food Chem. 2002, 76(1). 33–43. DOI: 10.1016/S0308.8146(01)00245.

54. Kolodziejczyk P., Ozimek L., Kozlowska J. The application of flax and hemp seeds in food, animal feed and cosmetics production. In: Kozlowski RM (ed) *Handbook of natural fibres*, 2012, Vol 2. Elsevier, P. 329–366. URL: https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-698-6.50011-5 (дата звернення: 18.12.2020).

55. Ranalli, P., Venturi, G. Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*, 2004. 140, 1–6. URL: https://doi.org/10.1007/s10681-004-4749-8 (дата звернення:14.12.2020).

56. George M, Chae M, Bressler DC. Composite materials with bast fibres: structural, technical, and environmental properties. *Prog Mater Sci* 83:1–23. URL: https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2016.04.002 (дата звернення: 18.12.2020).

57. Nováková P. Use of technical hemp in the construction industry. *MATEC Web Conf* 146:03011. URL: https://doi.org/10.1051/matecconf/201814603011 (дата звернення: 6.11.2020).

58. Кабанець В. М. Таксономія видів роду *Cannabis* та історія її систематики. *Сучасний стан та гармонізація назв культурних рослин у системі UPOV*: матеріали Міжн. наук.-практ. конфер., 13 жовтня 2017 р. С. 20–22.

59. Лазарев А. В. Обзор классификации семейства Коноплевые (Cannabaceae Endlicher, 1837, Gen. Pl. 286). *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки*. 2010. № 3 (74), Вып. 10. С. 5–9.

60. Кечатов Е. А. Исследование смолистых выделений конопли посевной и сорной, произрастающей в европейской части СССР : автореф. дис. канд. биол. наук. Баку, 1962. 23 с.

61. Елисеева Л. В. Морфологические, физиолого-биохимические особенности и продуктивность основных половых типов однодомной конопли и их роль в воспроизводстве семян : дис. … канд. с.-х. наук. Чебоксары, 1999. 126 с.

62. Ситник В. П., Стребуль В. В., Кабанець В. М. Насіннєва продуктивність конопель. *Насінництво*. 2009. № 4. С. 23–26.

63. Давидян Г. Г. Конопля (Биология и исходный материал для селекции): *сб. тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Л. : ВНИИР. 1972. Т. 48, Вып. 3. С. 5–16.

64. Горшкова Л. М. Физиолого-биохимические особенности растений конопли разного пола двудомных и однодомных форм : автореф. дис. канд. биол. наук. К., 1971. 22 с.

65. Brian C., Dong Z., McKay J. K. Hemp genetics and genomics // *Industrial Hemp as a Modern Commodity Crop* / D. W. Williams (ed.). Madison, 2019. P. 94–108. DOI: 10.2134/industrialhemp.c6

66. Мигаль М. Д., Кабанець В. М. Сучасні селекційно-генетичні дослідження конопель. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 8. С. 50–53.

67. Bremer B., Bremer K., Chase M. W. et. al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of Linnean Society*. 2009. Vol. 161, Iss. 2. P. 105–121.

68. Берчфилд Г., Сторрс Э. Газовая хроматография в биохимии. М. : Мир, 1964. 619 с.

69. Горбачева Р. Г. Изменчивость содержания и качества масла и других химических веществ семян сортов и форм конопли различного происхождения : автореф. дис. канд. биол. наук. Л. : ВНИИР, 1980. 21 с.

70. Резвих Н. І., Ляліна Н. П. Особливості технологічного процесу виділення лубу конопель. *Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины :* науч.-практ. конф., 20–30 мая 2008 г. Херсон : ХНТУ, 2008. № 1 (14). С. 181–182.

71. Ермаков А. И., Ярош Н. П. Генотипическая изменчивость качества масла семян различных культурных растений и дикорастущих сородичей и ее значение для селекции : *сб. тр. по прикладной, ботанике, генетике и селекции.* Л. : ВНИИР. 1987. Т. 100. С. 172–185.

72. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Рослинництво. Особливості функціонування галузі. Технічні та олійні культури

/ Лайко І. М., Голобородько П. А., Кабанець В. М., Жуплатова Л. М.; редкол. : М. В. Зубець. К. : Аграрна наука, 2010. С. 332–335.

73. Punja Z. K., Rodriguez G., Chen S. Assessing genetic diversity in *Cannabis sativa* L. using molecular approaches // *Cannabis sativa L. – Botany and Biotechnology* / S. Chandra et al. (eds.). Cham, 2017. P. 395–418. DOI:10.1007/978-3-319-54564 6_19

74. Bremer B., Bremer K., Chase M. W. et. al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of Linnean Society.* 2003. Vol. 141, Iss. 4. P. 399–436.

75. Вировец В. Г. Создание высокопродуктивных сортов конопли, не обладающих наркотической активностью : дис. ... д-ра с.-х. наук. Киев, 1992. С. 1–415.

76. Горшкова Л. М., Бородина Е. И. Характеристика сортов коллекционного питомника по содержанию тетрагидроканнабинола. *Биология, возделывание и первичная обработка конопли и кенафа сб. науч. трудов.* Глухов, 1978. Вып. 41. С. 35–41.

77. Горшкова Л. М., Бородина Е. И. Характеристика сортов конопли по содержанию тетрагидроканнабинола. *Биология, возделывание и первичная обработка конопли и кенафа* : сб. науч. трудов ВНИИЛК. Глухов, 1977. Вып. 40. С. 23–28.

78. Small E., Cronquist A. 1976. A practical and natural taxonomy for Cannabis. *International Assoc. Plant Taxon., (IAPT),* 25(4): 405–435. DOI: 10.2307/1220524.

79. Hilling K. Cannabinoid content of individual plant organs from different geographical strains of *Cannabis sativa* L. (Cannabinaceae). *J. Nat. Prod*. 2005. Vol. 43. P. 112–122.

80. Venturi G. La canapa rientrera tra le colture del 2000 G. Venturi, M. T. Amaducci. *Inform. agr*. 2000. An. 55. N 1. P.61–65.

81. Boineburg – Lengsfeld A. Hanf–eine alte Kulturpflanze neu entdect / A. Boineburg–Lengsfeld. *Forderungsdienst.* 1997. Jg. 45. H. 7. S.46–48.

82. Caracteristiques agronomiques de differentes varietes de chanvre / V. Mediavilla, P. Bassetti, E. Mosimann, M. Leupin. *Rev.suisse Agr.* 1999. Vol. 31, N 5 . P. 221–226.

83. Шуравина Л. Г., Даурских В. К., Чумина З. Н. Микроэлементный состав сорной конопли, его зависимость от места произрастания. *Проблемы экспертного исследования наркотических веществ* : тез. докл. науч. конференции. Алма-Ата, 1974. С. 37–39.

84. Гуминченко С. С. Изучение динамики накопления каннабиноидов в различных вегетативных частях посевной и сорной конопли химическими методами. *Проблемы экспертного исследования наркотических веществ :* тез. докл. Всес. конф. Алма-Ата, 1974. С. 31–32.

85. Kurhanski M. Biological principles for breeding non–narcotic hemp / M. Kurhanski, G. Chrostowska–Kurhanska. *Natural fibres*. Poznan. 1994. Vol. 38. P. 19–26.

86. Вировець В. Г., Лайко І. М., Кабанець В. М. Досягнення і перспективи селекції конопель на підвищення насіннєвої продуктивності. *Луб'яні та технічні культури : збірник наукових праць.* Суми : ВБ «Еллада», 2012. Вип. 2 (7). С. 13–27.

87. Clarke R. C. Marijuana Botany. *California Berkeley: Ronin Press*. 1980. 197 p.

88. Salentijn E. M. J., Zhang Q., Amaducci S. et al. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial Crops and Products.* 2015. Vol. 68. P. 32–41. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.08.011

89. Жатов А. И. Влияние этрела на проявление пола у конопли. *Цитология и генетика*. 1977. Т. XI, № 5. С. 423–425.

90. Кабанець В. М. Галузі льонарства та коноплярства України: стан та перспективи : *збірник наукових праць Інституту луб'яних культур УААН*. Вип. 5. Суми : СОД, 2009. С. 3–7.

91. Кабанець В. М. Гілязетдінов Р. Н. та ін. Програма наукових досліджень НААН «Луб'яні культури»: Основні результати 2011 року : *збірник наукових праць*. Суми : ВБ «Еллада». 2012. Вип. 2 (7). С. 3–13.

92. Кабанець В. М. Вплив генотипу на формування врожаю конопель посівних. *Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф, 20–21 лютого 2014 року. Суми : ВВП «Мрія – 1», 2016. С. 134–135.

93. Laiko I. M., Vyrovets V. H., Kyrychenko H. I., Mishchenko S. V., Kmets I. L. Contemporary fibre level in non-narcotic varieties of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Селекція і насінництво.* 2015. Вип. 107. С. 68–75. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54033

94. Viktor Kabanets, Hiliazetdinov R., Zhuplatova L. Activities of the Institute of Bast Crops of the National Academy of Agrarian Sciences, Ukraine. *Euroflax*. 2010. № 1 (33). P. 13–14.

95. Современное состояние и перспективы совершенствования селекции и семеноводства конопли в Пензенском НИИСХ / О. Н. Зеленина, В. А. Серков, Т. И. Иващенко, Н. И. Козин : *мат. VII Всеросс. науч.-пр. конф.* Пенза, 2003. С. 149–151.

96. Александрова Л. Н. Продуктивность конопли в зависимости от сроков чеканки в условиях юго-восточной части Волго-Вятской зоны : дис. ... канд. с.-х. наук. Чебоксары, 2002. 123 с.

97. Schumann E. Preliminary results of German field trial with different hemp (*Cannabis sativa* L.) accessions / Schumann E., Peil A., Weber W. E. *Genet. Resources Crop Evolut.* 1999. Vol. 46, № 4. P. 399–407.

98. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М. : Изд-во РУДН, 2001. 1480 с.

99. Мосолов В. П. Конопля: Уход за посевами : собр. соч. в 5 т. Т. 1. Агротехника. М. : Сельхозгиз, 1952. С. 372.

100. Trautz D., Schliephake U. Pflanzenbauliche Aspekte der Faserhanfproduction im okologischen Landbau unter norddeutschen Klimabedingungen. *Mitt. der Ges. fur Pflanzenbauwiss*. Giessen, 1997. Bd. 10. S. 189–190.

101. Логинов М. И. Изучение взаимосвязи между основными признаками растений конопли в селекционных целях : автореф. дис. канд. с.-х. наук. Л., 1972. 23 с.

102. Сорока В. П. Железистые волоски у конопли как признак отбора. *Селекция и семеноводство*. 1983. Вып. 53. С. 34–40.

103. Коренев Г. В., Подгорный П. И., Щербак С. Н. Растениеводство с основами селекции и семеноводства. М. : Агропромиздат, 1990. 575 с.

104. Лайко И. М., Ситник В. П., Вировец В. Г. Некоторые аспекты изучения и создания гетерозисных гибридов конопли. *Сел., технология производства и первичной переработки льна и конопли* : сб. тр. (ред. Голобородько П. А.). Глухов, 2000. С. 88–92.

105. Gauca C., Berea N. Modificarile morfologice determinate de fotoperiodism in conditi naturale asupra unor genotipuri de canepa (*Cannabis sativa* L.). *An. Inst. Cerc. Cereale Plante Tehn. Fundulea*. Bucuresti, 1997. Vol. 64. P. 309–319.

106. Ботаника : учебн. для студ. высш. учебн. заведений: в 4 т. / под. ред. А. К. Тимонина. М. : Академия, 2009. Т. 4 : Систематика высших растений. 320 с.

107. Вакуленко К. В. Кореляційний зв’язок біологічних і господарсько-цінних ознак конопель. *Проблеми і перспективи в селекції, генетиці, технології вирощування, збирання, переробці та стандартизації луб’яних культур* : матеріали науково-технічної конференції молодих вчених. Глухів Інститут луб’яних культур УААН., 2006. С. 44–48.

108. Тахтаджян А. Л. Система и филогения цветковых растений. М.; Л. : Наука, 1966. 611 с.

109. List of genera in Cannabaceae. URL: http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/genera/cannabaceaegen.html (дата звернення: 5.10.2020).

110. Мигаль Н. Д. Особенности биологии цветения однодомной и двудомной конопли. *С.-х. биол*. 1976. Т. XI, № 5. С. 680–684.

111. Mishchenko S., Mokher J., Laiko I., Burbulis N., Kyrychenko H., Dudukova S. Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): codification and description according to the BBCH scale. *Žemės ūkio mokslai.* 2017. T. 24. Nr. 2. P. 31–36. DOI:10.6001/zemesukiomokslai.v24i2.3496

112. Ситник В. П., Стельмах А. Ф. О взаимосвязи расщепляющихся популяций конопли *Cannabis sativa* L. *Физиол. и биохим. культурных растений.* 1999. Т. 31, № 4. С. 290–296.

113. Демкин А. П., Астахова А. В. Дальность полета и жизнеспособность пыльцы конопли. Работы по биологии селекции и семеноводству коно : сб. тр. М., 1952. Вып. XXI. С. 77–85.

114. Мигаль Н. Д. Мужская стерильность конопли. *Лен и конопля*. 1971. №8. С. 29.

115. An ordinal classification for the families of flowering plants / K. Bremer, M. W. Chase, P. F. Stevens et. al. *Annals of the Missouri Botanical Garden.* 1998. № 85 (4). P. 531–553.

116. Doorenbos N. J. Cultivation extraction and analysis of Cannabis. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1971. P. 3–14.

117. Трансфер інноваційних технологій в агропромислове виробництво регіонів України / за ред. Я. М. Гадзала, А. В. Балян, С. А. Володіна. К. : Аграрна наука, 2016. 244 с.

118. Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F. H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., et al. (2015). Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Ind. Crop Prod.* (Chichester, UK: John Wiley & Sons) 68, 2–16. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.06.041.

119. Żuk-Gołaszewska K., Gołaszewski J.(2017). *Cannabis sativa* L. – cultivation and quality of raw material. *Journal of Elementology*, 23(3): 971-984. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.3.1500. URL: http://jsite.uwm.edu.pl/articles/view/1500/ (дата звернення: 9.11.2020).

120. Zhang S., Soltis D. E., Yang Y. et. al. Multi-gene analysis provides a wellsupported phylogeny of Rosales. *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 2011. Vol. 60, Iss. 1. P. 21–28.

121. Кабанець В. М., Кабанець В. В. Особливості вирощування конопель посівних на зерно в умовах північно-східного Лісостепу України : методичні рекомендації. Сад, 2018. 32 с.

122. Kraszkiewicz A, Kachel M, Parafiniuk S. et al. Assessment of the possibilityof using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: a case study. *Applied Sciences*. 2019, Vol. 9, 4437. P. 1–12. DOI: 10.3390/app9204437

123. Prade T. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) – a high-yielding energy crop: doctoral thesis. Alnarp, 2011. 93 p.

124. Бедак Г. Р. Эффективность внесения минеральных удобрений под коноплю на обыкновенных черноземах юга Украины. *Биология, возделывания и первичная обработка конопли и кенафа* : сб. науч. трудов ВНИИ лубяных культур: (ред. Тимонин М. А.). Глухов, 1971. Вып. 34. С. 109–112.

125. Бедак Г. Р. Эффективность доз фосфорных удобрений под коноплю в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Глухов, 1965. 20 с.

126. Шатун Б. И. Влияние удобрений на урожайность и водопотребление культур специализированного севооборота с коноплѐй. *Организация, технология возделывания, уборки и первичной обработки конопли*: сб. научн. тр. Глухов: ВНИИЛК, 1987. С. 30–39.

127. Лайко І. М. Теоретичні і практичні основи селекції закріплення однодомності, елімінації канабіноїдів та підвищення продуктивності конопель : автореф. дис. д. с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2012. 52 с.

128. Горшкова Л. М. Каннабіс : монографія. Глухів: РВВ ГДПУ, 2008. Ч. ІІ. 152 с.

129. Тарасов А. В.. Бедак Г. Р П. Г. Борисенко Методические указания по проведению опытов с коноплей. М. : ВНИИЛК, 1980. 33 с.

130. Борисенко П. Т. Севооборот и система удобрений. *Биология возделывания и первичная обработка конопли и кенафа :* сб. науч. трудов ВНИИ лубяных культур (ред. Тимонин М. А). Глухов, 1977. Вып. 40. С. 73–79.

131. Захаров А. И. Совершенствование системы севооборотов и структуры посевов в современных условиях. *Земледелие*. 2002. № 4. С. 6–7.

132. Примаков О. А., Маринченко І. О., Головій О. В. Технічні коноплі в Україні – погляд в майбутнє. *Сучасні технології*. 2013. № 5. С. 36–40.

133. Самойленко И. Возрождение лубяной культуры. *Зерно*. 2013. № 8. С. 72–74.

134. Румянцева Л. Г., Дудник М. Г. Методические указания. Изучение коллекции конопли. Л. : ВИР, 1989. 20 с.

135. Зінченко О. І., Салатенко В. М., Білоножко М. А. Рослинництво. К. : Аграрна освіта, 2001. 591 с.

136. Алмазов М. Н., Малышева Л. И. Повышение урожая и качества волокна от внесения минеральных удобрений : *труды Пензенской областной опытной станции*. Пенза, 1973. С. 127–130.

137. Панников В. Д., Минеев В. Г. Почвы, климат, удобрение и урожай. М. : Колос, 1977. 414 с.

138. Рекомендації по вирощуванню льону-довгунця і конопель різних напрямків використання / В. М. Кабанець, Р. Н. Гілятзедінов, О. Л. Коваленко, В. М. Кулик. Глухів : Дослідна станція луб’яних культур Інститут СГ ПС НААН. 2013. 16 с.

139. Van der Werf H. M. G. Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) / H. M. G. van der Werf, W. C. A. van Geel, L. J. C. van Gills, A. J. Haverkort. *Field Crops Res*. 1995. Vol. 42. № 1. P. 27–37.

140. Ягодин Б. А., И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков Практикум по агрохимии. М. : Агропромиздат, 1987. 512 с.

141. Мерхалев Е. С. Эффективность применения минеральных удобрений под коноплю. *Агрохимия*. 1991. № 4. С. 45–54.

142. Довідник конопляра / В. Г. Вировець, Р. Н. Гілязетдинов, П. А. Голобородько та ін.; за ред. П. А. Голобородька. К. : Урожай, 1994. 80 с.

143. Coffman C. B. Responses of greenhouse-grown *Cannabis sativa* L. to nitrogen, phosphorus and potassium / Coffman C. B., Gentner W. A. *Agronomy J.* 1977. № 69. P.832–836.

144. Ivanyi I. Relationship between nutrient supply and yield of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) / Ivanyi I., Iszaki Z. *Natural fibres*. 1998. № 1. P. 30–32.

145. Haney A. Quantitative variation in the chemical constituents of marijuana from stands of naturalized Cannabis sativa L. in east–central Illinois / A. Haney and B. Kutscheid. *Economic Botany*. 1973. V. 27. P. 193–203.

146. Ситник В. П. Проблемы коноплеводства. *Технические культуры*. 1991. № 6. С. 41–46.

147. Вировець В. Г., Лайко І. М., Кабанець В. М. Ненаркотичні посівні коноплі – культура невичерпних можливостей. *Агробізнес сьогодні*: інформаційно-аналітична газета. К. : ТОВ «Видавничий дім «Імпрес-Медіа». 2012. № 11. С. 30–32.

148. Коваленко О. А. Продуктивність конопель в південному Степу залежно від способів та густоти посіву при різному рівні мінерального живлення. *Біологія, вирощування, збирання та первинна переробка льону та конопель* : зб. наук. пр. Глухів : ІЛК., 2004. Вип. 3. С. 54–60.

149. Резвих Н. І., Ляліна Н. П. Обґрунтування доцільності застосування хімічних способів обробки безнаркотичних конопель. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну,* 2008. № 5 (43). С. 239–242.

150. Сдобников С. С. Пахать или не пахать (новое в обработке и удобрении полей). М. : Типография Россельхозакадемии, 2000. 295 с.

151. Казаков Г. И. Обработка почв в Среднем Поволжье. Самара : СамВен, 1997. 196 с.

152. Резвих Н. І., Ляліна Н. П. Обґрунтування інтенсивних технологій приготування трести безнаркотичних конопель. *Інноваційні технології в АПК* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 4–6 червня 2009 р. Вип. 18. Луцьк : ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2009. С. 399–404.

153. Тихомиров В. Г. Рекомендации по возделыванию, селекции и семеноводству среднерусской конопли. Пенза, 2001. 68 с.

154. Росновский Н. Г., Ляжко В. П. Биоэнергетическая оценка технологии выращивания конопли. *Технол. воздел, уборки и перв. обраб. луб. культур* (ред. Г. И. Сенченко) : сб. тр. Глухов, 1986. С. 104–110.

155. Коваленко О. А., Н. П. Ляліна. Обґрунтування технологічних прийомів вирощування конопель в південному Степу та визначення оптимальних способів їх обробки. *Проблеми і перспективи в селекції, технології вирощування, збиранні, переробці та стандартизації луб'яних культур :* мат. наук.-техн. конфер. мол. вчених, 6–8 грудня 2004 р. Глухів : ІЛК, 2006. С. 25–30.

156. Сустрина В. Э. Передовые приемы агротехники конопли : труды Пензенской областной опытной станции. Пенза, 2011. 44 с.

157. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур сортові та посівні якості.

158. West D. P. Hemp and marijuana: Myths & Realities. *J. Int. Hemp Ass.* 1998. V 5, № 1. P. 52–53.

159. Ситник В. П., Бондаренко А. Д. Влияние норм и способов посева на фракционный состав семян конопли : *Технол. воздел., уборки и перв. обраб. луб. культур* (ред. Г. И. Сенченко) : сб. тр. Глухов, 1986. С. 26–32.

160. Дмитриев В. Л., Степанов Г. С., Кузнецов А. И. Роль норм высева в формировании урожая и качества элитных семян : *труды ЧГСХА*. Чебоксары, 2001. Т. 15. С. 4–7.

161. Mediavilla V. Leupin M., Keller A. Influence of the growth stage of industrial hemp on the yield formation in relation to certain fibre quality traits. *Industrial Crops and Products.* 2001. Vol. 13. P. 49–56.

162. Кабанець В. М., Кабанець В. В.. Сучасні сорти конопель посівних для різних напрямків використання. *Гончарівські читання* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 травня 2016 р. Суми, 2016. С. 42–44.

163. Голобородько П. А., Дышлева Г. В. Нормы высева и продуктивность конопли. *Технол. воздел., уборки и перв. обраб. луб. культур* (ред. Г. И. Сенченко) : сб. тр. Глухов, 1985. С. 31–35.

164. Бізнес-планування розвитку сільськогосподарського виробництва в умовах Північного Сходу України / за заг. ред. В. М. Кабанець, А. В. Чупіса. Суми : ВВП «Мрія – 1», 2018. 280 с.

165. Кабанець В. М., В. В. Кабанець. Особливості вирощування конопель посівних на насіння. *Гончарівські читання* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 24–25 травня 2018 р. Суми, 2018. С. 14–15.

166. Сенченко Г. І., А. В. Тарасов, О. Г. Бондарева. Коноплі. *Технічні культури* / за ред. Г. І. Сенченко. К. : Урожай, 1982. С. 68–113.

167. Коваленко О. А. Технологія вирощування сільськогосподарських культур. Технічні культури. Коноплі. Система ведення сільського господарства Херсонської області : наукове супроводження «Стратегії економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2011 року». Херсон : Айлант, 2004. Част. 1. С. 123–124.

168. Сніговий В. С., Коваленко А. М., Коваленко О. А. Ефективність різних заходів боротьби з бур'янами в посівах конопель. *Зрошуване землеробство* : міжв. тем. наук. зб. Херсон : Айлант, 2009. Вип. 51. С. 197–200.

169. Тихомиров В. Т. Возродить производство конопли. *Земледелие*. 1998. № 6. С. 9–10.

170. Michalojc Z., Nurzynski J. Zmiany zawartosci form azotu w rzepaku i konoplach w wyniku stoswania wod posciekowych. *Folia Univ.Agriculturae Stetinensis.* Szczecin, 1999. № 200. P. 271–275.

171. Bocsa L., Mothe P., Hanguel L. Effect of nitrogen on tetra gydrocannabinol (TGC) content in hemp (*Cannabis sativa* L.) leaves at different position. *Int. Hemp Ass.* 1997. V. 4, № 2. P. 80–81.

172. Федоренко В. П., Кабанець В. В., Кабанець В. М. Шкідники конопель посівних. Суми : ФОП «Щербина І. В.», 2016. 192 с.

173. Кабанець В. В., Кабанець В. М. Шкідливі клопи травостою конопель посівних у північно-східній Україні. *Ентомологічні читання пам'яті видатних вчених – ентомологів В. П. Васильєва і М. П. Дядечка* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф., 19–21 грудня 2017 р. Київ, 2017. С. 48–49.

174. Cranshaw W., Schreiner M., Britt K., Kuhar T. P., McPartland J., Grant J. (2019). Developing Insect Pest Management Systems for Hemp in the United States: A Work in Progress. *Journal of Integrated Pest Management*, 10 (1): 26; 1–10 doi: 10.1093/jipm/pmz023.

175. Gottwald R. Entomologische Untersuchungen an Hanf (*Cannabis sativa* L.). Gesunde Pflanzen 54, 146–152. URL: https://link.springer.com/article/10.1046/j.1439-0345.2002.02002.x (дата звернення: 11.12.2020).

176. Pivtoraiko, V., Kabanets, V., & Vlasenko, V. Harmful entomofauna of hemp *Cannabis sativa* L. (analytical overview). *Quarantine and Plant Protection*, (7-9), 20-25. URL: https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.7-9.20-25 (дата звернення: 8.10.2020).

177. Рудаков О. Л. Определитель грибов, паразитирующих на коноплевых. Большие Вяземы, 2002. 33 с.

178. Сенченко Г. И., Ляшко В. П. Главные направления в работе. *Лен и конопля*. 1981. № 2. С. 11–13.

179. Assirelli A., Bentini M., Pasini P. La raccolta della canapa da fibra. *Inform.agr*.,1999. An. 55. № 42. P. 93–96.

180. Кабанець В. М. Кабанець В. В., Півторайко В. В. Особливості захисту конопель посівних, льону-довгунця та льону-олійного від шкідливих комах в умовах північно-східного регіону України : науково-практичні рекомендації. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН, 2018. 24 с.

181. Коваленко О. А. Перспективи розвитку виробництва південних конопель в посушливій степовій зоні. *Зрошуване землеробство* : міжв. тем. наук. зб. Херсон : Айлант, 2008. Вип. 50. С. 184–188.

182. Коваленко О. А., Синіцина А. С. Особливості технології вирощування сучасних сортів конопель в південному Степу та перспективи використання їх продукції. *Зрошуване землеробство* : міжв. тем. наук. зб. Херсон : Айлант, 2008. Вип.49. С. 66–69.

183. Amaducci, S., Gusovius, H. J. (2010). “Hemp-Cultivation, Extraction and Processing,” in Industrial Applications of Natural Fibres: *Structure, Properties and Technical Applications*. Ed. Müssig, J. (Chichester, UK: John Wiley & Sons). 109 – 134. DOI: 10.1002/9780470660324.ch5.

184. Fike J (2016) Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop. *Crit Rev Plant Sci* 35:406–424. https://doi.org/10.1080/07352689.2016.1257842.

185. Народнохозяйственное значение конопли и развитие коноплеводства в СССР. Конопля / под. ред. Г. И. Сенченко, А. И. Аринштейн и М. А. Тимонина. М. : Сельхозиздат, 1983. 463 с.

186. Гілязетдінов Р. Н., Примаков О. А., Маринченко І. О. Розвиток технологій збирання конопель та коноплезбиральної техніки. *Шляхи*

відродження галузей льонарства та коноплярства для підвищення ефективності їх наукового забезпечення : матеріали ІІ міжнар. наук.-прак. конференції, м. Глухів, 8–10 лютого 2011 р. Суми: ТОВ «ТД «Папірус», 2012. С. 145–151.

187. Кащенко А. С. Энергетическая оценка технологий в земледелии. С.-Пб. : Пушкин, 1994. 29 с.

188. Жуплатова Л. М., Ляліна Н. П., Резвих Н І. Виділення і прядіння лубу конопель. *Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины*. 2008. № 1 (14). С. 85–89.

189. Шейченко В. О., Маринченко І. О. До питання одержання лубоволокнистої сировини з технічних конопель. *Сільськогосподарські машини* : зб. наук. статей. Луцьк, 2014. Вип. 29–30. С. 168–174.

190. Давидян Г. Г. Возделывание льна-долгунца и конопли. Л. : *Колос*, Ленинградское отделение, 1979. С. 126–131.

191. Липатов В. И. Влияние агротехники на фотосинтетическую деятельность и урожай конопли в Мордовской АССР. *Биология, возделывание и первичная обработка конопли и кенафа :* сб. науч. тр: ВНИИЛК (ред. Тимонин М. А.). Глухов, 1976. Вып. 39. С. 97–103.

192. Plant densuty and self-thinning affect yield and quality of fibre hemp (*Cannibas sativa* L.) / Werf H. M. G. van der, Wijlhuizen M., Schutter J. A. A. *Field Crops Res*. 1995. Vol. 40, № 3. P. 153–164.

193. Пономорева Н. Д., Демкина А. П., Степанов Г. С. Зависимость урожая конопли от сроков его уборки. *Селекция и семеноводство.* 1987. № 62. С. 61–63.

194. Коропченко С. П., Маринченко И. А. Направления в механизации уборки промышленной конопли. *Инновационные разработки для производства льна* : материалы междунар. науч.-прак. конференции ФБГНУ ВНИИМЛ, 14–15 мая 2015 г. Тверь, 2015. С. 190–196.

195. Досвід використання зернозбиральних комбайнів на збиранні насіннєвих конопель. *Луб'яні та технічні культури* : збірник наукових праць / В. М. Кабанець та ін. Суми : ВБ «Еллада», 2012. Вип. 2 (7). С. 120–131.

196. Лук'яненко П. В., Маринченко І. О. Дослідження процесу збирання насіннєвих конопель зернозбиральним комбайном Домінатор-208 MEGA. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : зб. наукових статей. Глеваха, 2008. Вип. 92. С. 118–124.

197. Примаков О. А., Маринченко І. О. Сучасна техніка як фактор розвитку технологій збирання технічних конопель. *Техніка та технології АПК :* наук.-вироб. жур., 2013. № 8 (47). С. 19–22.

198. Маринченко І. О., Коропченко С. П., Примаков О. А. До питання удосконалення технологій збирання конопель двобічного використання. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України* : зб. наук. праць. 2014. Вип. 18 (32). Кн. 2. С. 214–220.

199. N-Aufnahme und N-Verwertung von Hanf zur Fasenutzung / B. Usterschulte, G. Kahnt, F. Gerlach. *Mitt. der Ges. fur Pflanzenbauwiss*. Giessen, 1997. Bd.10. S. 191–192.

200. Мигаль М. Д., К. В. Вакуленко. Про деякі біологічні фактори насіннєвої продуктивності конопель. *Вісник Сумського національного аграрного університету.* Суми, 2004. № 6 (9). С. 29–33.

201. Нові способи збирання конопель / М. К. Лінник, В. І. Макаєв, О. А. Примаков, І. О. Маринченко. *Вісник аграрної науки.* 2010. № 5 (10). С. 48–51.

202. Маринченко І. О., Примаков О. А. Особливості організації збирання насіннєвих конопель. *Техніка та технології АПК* : науково-виробничий журнал . 2014. № 9. С. 7–9.

203. Голобородько П. А. Дефолиация и десикация конопли. *Защита растений*. 1986. № 8. С. 53.

204. Серков В. А., Плужникова И. И., Смирнов А. А. Эффективность приёма десикации на однодомной конопле. *Достижения науки и техники АПК.* № 4. 2012. С. 29–30.

205. Коваленко А. М., Коваленко О. А., Ляліна Н. П. Якість продукції конопель залежно від умов вирощування в південному Степу. *Зрошуване землеробство* : міжв. тем. наук. зб. Херсон : Айлант, 2006. Вип. 46. С. 130–133.

206. Резвих Н. І., Ляліна Н. П. Особливості фізико-механічних характеристик безнаркотичних сортів конопель. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2008. Вип. 8, Т. 7. С. 195–200.

207. Маринченко І. О. Дослідження стебел конопель, як об’єкта руйнування. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2014. № 4 (51). С. 87–91.

208. Маринченко І. О. Дослідження впливу робочих органів машин на конопляну сировину. *Техніка та технології АП : науково-виробничий журнал.* 2015. № 3. С. 21–23.

209. Мигаль Н. Д. Генетические особенности конопли. *Технические культуры*. 1991. № 6. С. 46–48.

210. Мигаль М. Д., К. В. Вакуленко. Відмінності статевих типів однодомних конопель за насіннєвою продуктивністю. *Вісник аграрної науки*. К., 2005. № 8 С. 28–30.

211. Гришко Н. Н., В. И. Левченко, Селецкий В. И. Вопросы пола у конопли, выведение однодомных форм и сортов с одновременным вызреванием обоих полов. *Генетика и селекция конопли: труды института*. М. – Л. : ВАСХНИЛ, 1937. Вып. V. С. 73–108.

212. Гришко Н. Н. Одновременно созревающая конопля. *Новое в сельском хозяйстве.* М. : Сельхозгиз, 1937. Вып. 5. 53 с.

213. Аринштейн А. И. Изменение пола у конопли в целях выведения однодомных и одновременно созревающих сортов: автореф. дис. на соискание учен. степени докт. с.-х. наук: спец. 06.01.05. К., 1965. 43 с.

214. Мигаль М. Д., Ступак Т. І., Вакуленко К. В. Відмінності зразків конопель за ознаками забарвлення насіння. *Вісник Сумського національного аграрного університету.* Суми, 2004. № 12 (10). С. 46–51.

215. Яшутин Н. В. Факторы успешного земледелия. Барнаул : Изд-во АГАУ, 2007. 523 с.

216. Ауербах А. Что писал журнал «Лен и конопля» 50 лет назад? *Лен и конопля*. 1973. № 12. С. 36.

217. Ионов Ф. Ф., Г. Г. Швиттау. Волокно. Л. : Изд-во Центрсоюз. Лен.–дон, 1924. 57 с.

218. Грабовска Л., Пневска И. Перспективы выращивания промышленной конопли и применения конопляного сырья в ЕС и Польше. *Проблеми і перспективи розвитку галузей льонарства та коноплярства*: міжнарод. наук.-практ. конф., 10–12 лютого 2009 р.: зб. наук. пр. Суми : ТОВ «ТД «Папірус», 2011. С. 17–22.

219. Karus M., G. Leson. Hemp research and market development in Germany. *J. Int. Hemp Assoc*. 1994. V.1. P. 52–56.

220. Солдатенко В. А., Тимонин М. А., Ситник В. П. Пора пересмотреть отношение к конопле. *Технич. культуры*. М. : 1991. № 1. С. 41–46.

221. Серебрякова Т. Я. Конопля. Л. : Издание Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур, 1929. 356 с.

222. Федоров А. К. О развитии идей Н. И. Вавилова в физиологии и генетике продолжительности вегетационного периода растения. *Сельскохоз. Биология. Серия биол. растений.* 1991. № 5. С. 80–87.

223. Virovets V. G. Interview of selection hemp. *Jornal of the International Hemp Association.* 1998. V.5, № 1. P. 32–33.

224. Малуша К. В. Сорта конопли, их оценка и хозяйственное использование : тр. ВНИИК. К.-Х., 1935. Вып. 8. С. 243–258.

225. Герцог Р. О. Пенька и лубяные волокна / Р. О. Герцог. М. : Государственное техническое издательство, 1931. 354 с.

226. Введенский Д. И., Лисицин П. И. Новые формы семеноводческой работы с коноплей, и их возможное значение для нашей пеньковой промышленности. *Вестник льняного и пенькового дела,* 1930. Кн. 2. 245 с.

227. Лихвар Д. Ф. Про заміну в північних коноплярських районах україни місцевих конопель південними сортами. *Льон і коноплі*. 1937. № 4. С. 5–9.

228. Лихварь Д. Ф. Вопросы акклиматизации сельскохозяйственных растений. К. : Урожай, 1969. С. 43–51.

229. Лихварь Д. Ф. Осевернение южной конопли и кенафа. *Вопросы акклиматизации сельскохозяйственных растений.* К. : Урожай, 1969. 250 с.

230. Збільшення вмісту волокна в стеблах посівних конопель (*Cannabis sativa* L.) як результат цілеспрямованої комплексної селекції : міжвідомчий темат. наук. зб. / В. Г. Вировецьта ін. Х., 2008. Вип. 96. С. 195–207.

231. Сенченко Г. И., Демкин А. П. Высоковолокнистый сорт ЮС-6 в новых районах. *Лен и конопля.* 1966. № 6. С. 34–36.

232. Сенченко Г. И., Вировец В. Г. Основные итоги селекционной работы по конопле. *Биология, возделывание и первичная обработка конопли и кенафа* : сб. науч. тр. ВНИИЛК. Глухов, 1987. Вып. 41. С. 3–12.

233. Тихомиров В. Т. Новые сорта однодомной конопли среднерусского типа и перспективы их использования : *сб. науч. тр. Краснодар. НИИСХ,* посвящ. 100-летию В. А. Невинных. Краснодар, 2000. С. 32–37.

234. Мигаль Н. Д. Генетические основы создания однодомной конопли. *Генетика*. 1993. Т. 29, № 4. С. 620–631.

235. Демкин А. П. Сохранение сортовой типичности однодомной конопли. *Лен и конопля*. 1975. № 1. С. 17–20.

236. Щербань И. И. Половые типы однодомной конопли как исходный материал для селекции : автореф. дис. канд. с.-х. наук. К., 1983. 21 с.

237. Пузанов М. А. Конопля и ее продукты. М. : Императорское Московское общество сельского хазяйства. 1870. 279 с.

238. Virovets V. G. Selection for Non-Psychoactive Hemp Varieties (C. s. L.) in the CIS (former USSR) / *Jornal of the International Hemp Association*. 1996. V. 3, № 1. P. 13–18.

239. Yang M.-Q., van Velzen R., Bakker F. T. et. al. Molecular phylogenetics and character evolution of *Cannabaceae. Taxon.* 2013. Vol. 62, Iss. 3. P. 473–485.

240. Вировець В. Г., Сенченко Г. І., Ситник В. П. Перспективи селекції луб'яних культур. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 66–67.

241. Проблеми селекції і насінництва конопель : *зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН* / В. Г. Вировець та ін. К. : ІЗ УААН. 2003. С. 83–88.

242. Selection of Hemp (C. s. L.) Grop of the XXI-st Century / V. G. Virovets, P. A. Goloborodko, V. P. Sytnyk, N. M. Orlov. *Natural Fibres Special edition.* 1998. № 2. P. 97.

243. Аринштейн А. И., Спарит С. П. Новгород-Северские мастера коноплеводства. *Выращивание высоких урожаев конопли, кенафа и джута* : сб. науч. трудов. М. 1957. С. 32–41.

244. Демкин А. П., Н. А. Школьный. Колхоз высоких урожаев конопли. *Выращивание высоких урожаев конопли, кенафа и джута* : сб. науч. трудов. М. 1957. С. 44–64.

245. Жатов А. И. Методы получения исходного материала и селекция конопли: автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Л., 1974. 58 с.

246. Аринштейн А. И., Гуржий Е. С. Итоги селекции однодомной конопли: *тр. ВНИИЛК*. К. : Госсельхозиздат УССР, 1959. Вып. 24. С. 183–214.

247. Мигаль М. Д., Кабанець В. М., Конопля К. В. Вплив внутрішніх факторів рослин конопель на насіннєву продуктивність : *збірник наукових праць*

Інституту луб'яних культур та ФФС НААН. Вип. 1(6). Суми: «ТД «Папірусс», 2011. С. 21–40.

248. Однорідностабільна популяція, як сортова ознака сучасних однодомних конопель / В. Г. Вировець та ін. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. К. : Логос. 2009. Т. 6. С. 276–283.

249. Однодомні посіви коноплі (*Cannabis sativa* L.) як приклад реверсної еволюції культури. *Фактори експериментальної еволюції організмів* / В. Г. Вировець та ін. К. : Логос. 2006. Т. 3. С. 18–22.

250. Досягнення і проблеми генетики і селекції конопель. *Генетика і селекція на межі тисячоліть* / В. Г. Вировець та ін. К. : Логос. 2001. Т. 3. С. 55–57.

251. Коноплярство: наукові здобутки і перспективи : монографія / В. Г. Вировець та ін.; за ред. І. О. Маринченка, Guo Chunjing. Суми : ФОП Щербина І. В., 2018. 158 с.

252. Голобородько П. А., В. Г. Вировець. Коноплі підкорюють світ. *Пропозиція*. 1999. № 5. С. 26–27.

253. Hanuš L. O., Meyer S. M., Muñoz E. et al. Phytocannabinoids: a unified critical inventory. *Natural Product Report.* 2016. Vol. 33, Iss. 12. P. 1357–1392. DOI: 10.1039/C6NP00074F

254. Crippa J. A. S., Zuardi A. W., Hallak J. E. C. et al. Cannabidiol for the psychosis in Parkinson's disease. *Journal of Psychopharmacology.* 2009. Vol. 23, Iss. 8. P. 979–983. doi: 10.1177/0269881108096519

255. Appendino G., Gibbons S., Giana A. et al. Antibacterial cannabinoids from Cannabis sativa: a structure-activity study. *Journal of Natural Products.* 2008. Vol. 71, Iss. 8. P. 1427–1430. doi: 10.1021/np8002673.

256. Кабанець В. М. Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН – багатогалузева наукова установа. *Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в Північно-Східному регіоні*

Україні : матеріали обласної науково-практичної конференції молодих учених та аспірантів. Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2016. 74 с.

257. Sytnik V. P., Stelmah A. F. The character of inheritance of differences in cannabinoid content in hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of the International Hemp Association.* 1999. Vol. 6, Iss 1. P. 8–9.

258. Identification of psychoactive degradants of cannabidiol in simulated gastric and physiological fluid / J. Merrick, L. Brian, T. Sebree, et al. *Cannabis Cannabinoid Res*. 2016 (1). P. 102–112.

259. Ujváry I., L. Hanuš. Human metabolites of cannabidiol: a review on their formation, biological activity, and relevance in therapy. *Cannabis Cannabinoid Res*. 2016 (1). P. 90–101.

260. Rong C., Lee Y., Carmona N. E. et al. Cannabidiol in medical marijuana: Research vistas and potential opportunities. *Pharmacological Research.* 2017. Vol. 121. P. 213–218. doi: 10.1016/j.phrs.2017.05.005

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Агрохімічна характеристика ґрунту

Польові дослідження проводили з 2009 по 2017 роки в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур НААН (м. Глухів, Сумська обл.). Місто Глухів розташоване у північній частині Сумської області на берегах річки Есмань, яка належить до басейну Дніпра. Географічні координати місцевості: $51^0$39' північної широти і $33^0$59' східної довготи. Глибина залягання ґрунтових вод досягає 15–18 м.

Ґрунтовий покрив земельних ділянок Інституту луб'яних культур НААН представлений переважно дерново-підзолистими супісчаними та легкосуглинковими, сірими лісовими суглинковими ґрунтами і частково чорноземами опідзоленими та вилугуваними суглинковими, що характеризуються слабокислою реакцією ґрунтового розчину з pH сольової витяжки від 5,5 до 5,1.

Уміст гумусу за методом Тюріна у горизонті ґрунту 0-20 см складає від 2,18 до 3,46 %. Забезпеченість ґрунтів рухомими формами фосфору є середньою з вмістом P_2O_5 за методом Чірікова з оцтово-кислої витяжки від 54 до 99 мг на 1 кг ґрунту. Уміст обмінного калію за Чіріковим характеризується як підвищений і складає 82–110 мг/кг ґрунту. Забезпеченість 0-20-сантиметрового горизонту ґрунту легкогідролізованим азотом за методом Корнфілда складає від 56 до 88 мг/кг.

Кількість важких металів, зокрема Cd – від 0,07 до 0,18 (у середньому 0,12) та Pb – 0,28 – 1,41 (у середньому 0,7 мг на 1 кг ґрунту) і є близькою до природного фону.

Горизонт ґрунту 0-20 см на усіх землях не містить залишків ГХЦХ та ДДТ. Середній еколого-агрохімічний бал орних земель складає 39 із незначним коливанням від 37 до 48, а агрохімічний – 50 з діапазоном коливань 47-56 балів.

Ґрунт, на якому розміщували досліди з монокультурою, – темно-сірий, опідзолений на карбонатних лесовидних суглинках. Уміст гумусу в орному шарі (0-20 см) за методом Тюріна перед закладкою досліду (2009 р.) становив 3,46 %, легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 219 мг/кг, рухомих форм фосфору (за Чіріковим) – 114 мг/кг і обмінного калію (за Чіріковим) – 124 мг на 1 кг ґрунту. Гідролітична кислотність – 3,8, ступінь насичення основами – 82,5 %.

2.2. Погодні умови у роки проведення досліджень

Дослідження проводили в умовах Лівобережної підзони Північно Східного Лісостепу України, яка характеризується помірно-континентальним кліматом.

Середньорічна температура повітря становить 7,3˚С. Середня температура найжаркішого місяця (липень) становить 20,0˚С, найхолоднішого (січень) дорівнює -5,8˚С. Згідно з усередненими даними за останні 15 років максимальна температура повітря влітку досягає + 39^{0}С, мінімальна взимку -36^{0}С. Перехід середньодобової температури повітря через межу 0˚С відбувається після 20-го березня, понад + 5˚С – у першій декаді квітня, вище + 10˚С – у першій декаді травня. Перехід середньодобових температур повітря восени нижче 5˚С зазначено в третій декаді жовтня.

Вегетаційний період рослин конопель посівних у таких умовах зазвичай триває з травня по вересень. Середня багаторічна сума активних температур більше 10°С за цей період становить 2659^{0}С при 291 мм опадів. Детальний опис погодніх умов за вегетаційний період рослин конопель посівних у 2009–2017 рр. наведено в додатку А.

Погодні умови вегетаційного періоду рослин у роки проведення досліджень за ступенем відхилення від середніх багаторічних мали суттєві відмінності (рис. 2.1).

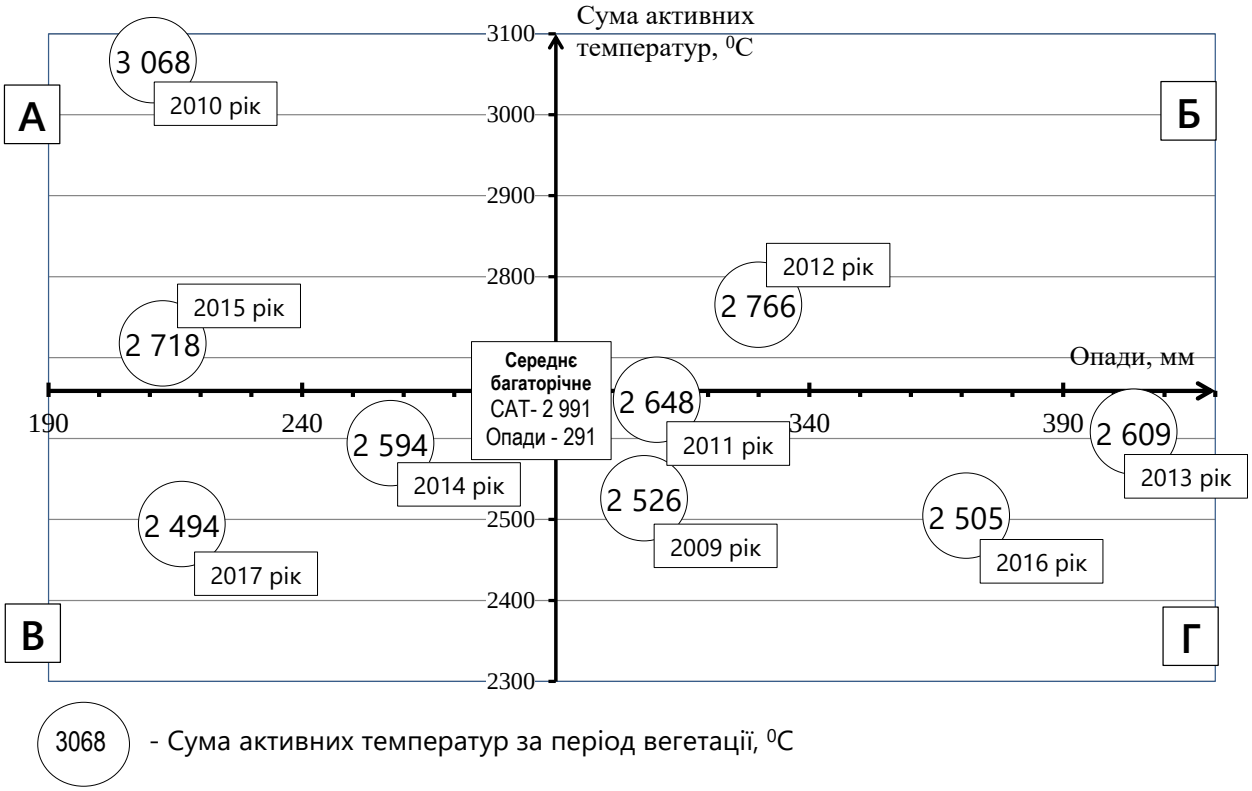


Рис. 2.1. Сума активних температур (>10 °С) та кількість опадів вегетаційного періоду конопель (травень-вересень) порівняно до середніх багаторічних значень (метеостанція м. Глухів, 2009 – 2017 рр.) Умови: А – більш теплі та сухі; Б – більш теплі та вологі; В – прохолодні та сухі; Г – прохолодні та вологі

Так, за період 2009–2017 рр. найбільш сухими і відповідно несприятливими для розвитку конопель посівних виявились 2010 та 2015 роки. Сума активних температур становила 3068 та 2718^{0}С, що на 409 та 59^{0}С або 15,4 і 2,2 % більше за середні багаторічні значення на фоні меншого вологозабезпечення рослин на 80,4 та 78,5 мм, або 27,6 і 27,0 % відповідно. Підвищені норми опадів під час вегетації рослин спостерігались у 2013 та 2016 роках, що призводило до поширення хвороб, підтоплення посівів (2016 р.), а інколи майже унеможливлювало збирання в оптимальні строки (2013 р.) (рис. 2.1).

Такі відхилення негативно впливали на ріст і розвиток рослин конопель посівних. З іншого боку це дозволило дати досліджуваним факторам більш об’єктивну оцінку щодо впливу на них погодних умов.

Показники погодних умов вегетаційного періоду 2009 року були на рівні середніх багаторічних значень. Так, сума активних температур та сума опадів становили 307 мм та 2526,2°С відповідно, що дозволило загалом сформувати рослинам високий рівень врожаю. Не зовсім сприятливі погодні умови у цьому році спостерігались під час наливу насіння – кількість опадів у серпні становила 20,8 мм за норми 63 мм.

Найбільш несприятливими і навіть екстремальними за всі роки досліджень були погодні умови 2010 року. Аномально жаркі весна (на 2,2°С вище норми) і літо (на 3,5°С вище норми, абсолютний максимум + 38°С зафіксовано 8 серпня) при дефіциті вологи (кількість опадів, окрім липня, була майже вдвічі нижчою за норму) призвели до затримки росту й розвитку рослин конопель посівних, зниження продуктивності усіх сортів. Сума активних температур за період вегетації становила 3068°С, що на 409°С, або 15,4 %, більше за середні багаторічні значення поряд із меншим вологозабезпеченням рослин на 80 мм, або 27,6 % відповідно. Показник гетеротермічного коефіцієнта становив 0,69, що характеризує погодні умови як дуже посушливі.

Близьким до оптимальних для вирощування конопель посівних був 2011 рік. Незважаючи на суху жарку весну (середня температура була на 1,7°С вище середньої багаторічної, а кількість опадів становила 59 % від норми), вологе тепле літо і сухий теплий початок осені створили сприятливі умови для росту й розвитку рослин конопель, особливо в період масового цвітіння і дозрівання насіння. Так, сума активних температур в період формування генеративних органів (липень–серпень) становила 1233^0С, опадів випало 203,1 мм, що забезпечило високий рівень насіннєвої продуктивності та урожаю соломи цієї культури.

Погодні умови 2012 року, особливо на початку вегетації рослин конопель, були дуже складними для їх росту й розвитку. Через дуже високі температури (абсолютні максимуми: у квітні – 30°С; у травні – 30,2°С; у червні – 32,7°С; у липні – 36,3°С; у серпні – 37,7°С: у вересні – 28,1°С, сума активних температур за цей період становила 2766°С) у період вегетації, незважаючи на достатню кількість опадів, окрім травня–червня, рослини конопель відставали в рості і розвитку, що призвело до затримки міжфазних періодів на 3–5 діб, порушення тривалості масового цвітіння, формування і дозрівання насіння, зниження рівня продуктивності рослин.

2013 рік характеризувався підвищеними температурами із незначним перезволоженням. Перші дощі пройшли лише у кінці першої декади травня, що досить змістило строки посіву. У червні–липні спостерігалась тепліша за звичайну погода з помірним зволоженням. У третій декаді серпня кількість опадів становила 70,6 мм, або 392 % норми. Вересень відзначався зниженням температурного режиму на 1,2° С порівняно з середньою багаторічною і надмірною кількістю опадів, що становило 106,9 мм, або 222,7 % норми. Такі погодні умови значно ускладнювали збирання конопель посівних в оптимальні строки.

Метеорологічні умови 2014 року відзначались спекотною погодою, особливо у другій половині вегетації (САТ липня – 630,6°С, серпня – 605,2°С), що негативно вплинуло на розкриття біологічних можливостей рослин конопель посівних. Станом на 28 липня під рослинами конопель, за якими проводили спостереження, запаси продуктивної вологи були незадовільними і становили 14,7 мм в орному шарі та 88 мм у метровому.

Вегетаційний період рослин конопель посівних у 2015 році був несприятливим для вирощування культури і значно відрізнявся від середніх багаторічних показників. Так, сума активних температур становила 2718°С, що на 59°С, або 2,2 %, більше за середні багаторічні значення на фоні меншого вологозабезпечення рослин на 78 мм, або 27,0 % відповідно. У травні випала

двомісячна норма опадів (131,5 мм), що сприяло отриманню дружніх сходів культури. Подальша ж вегетація ролин проходила в умовах підвищених температур повітря поряд із серйозним дефіцитом вологи. Так, за червень – серпень випало усього 74,8 мм опадів, що майже втричі менше за середні багаторічні показники. Наведені екстремальні умови не дозволили рослинам конопель посівних реалізувати генетичний потенціал продуктивності повною мірою, що позначилось на низькій урожайності рослин у дослідах.

Погодні умови вегетації рослин 2016 року виявились умовно сприятливими для культивування *Cannabis sativa* L. і характеризувались помірним температурним режимом із підвищеним вологозабезпеченням. Так, САТ за травень–вересень становила 2505°С, що на 153,5, або 5,8 %, менше за середню багаторічну на фоні підвищеного режиму зволоження на 79,9 мм. Такі погодні умови сприяли розвитку фітопатогенних інфекцій, особливо на посівах зі звичайною рядковою сівбою і на зеленець. У низинах спостерігалось короткочасне підтоплення посівів. Водночас підвищений режим зволоження сприяв інтенсивному нарощуванню вегетативної маси рослин, що позитивно вплинуло на урожайність соломи і насіння конопель посівних.

Вегетаційний період 2017 року відзначався помірним температурним режимом зі значним дефіцитом вологи (ГТК за період вегетації 0,87), особливо, у другій половині вегетації. Отже, сума активних температур за травень–вересень становила 2494°С, а опадів випало 216,3 мм (на 74,7 мм менше за середню багаторічну норму). Особливо дефіцит вологи на фоні підвищеного температурного режиму був помітний у липні–серпні, що збіглося з фазами цвітіння–формування насіння у рослин і мало негативний вплив на утворення й запилення генеративних органів культури.

Отже, роки виконання досліджень за комплексом гідротермічних умов суттєво відрізнялися, що вплинуло на особливості росту й розвитку рослин конопель посівних і, як наслідок, на величину врожаю. Подібна тенденція

простежується у цей період і загалом по господарствах Сумської області (табл. 2.1).

Як бачимо з таблиці 2.1, найвищу урожайність товарного насіння у господарствах Сумщини отримано у 2011 році, яка склала 0,81 т/га. Такий рівень врожайності, у першу чергу, забезпечувався за рахунок достатньої кількості опадів у період утворення генеративних органів рослин. Найнижчий урожай за період досліджень (0,43 т/га) було отримано у 2010 році, який відрізнявся надзвичайно посушливими умовами у період вегетації конопель.

Таблиця 2.1

Динаміка урожайності насіння конопель посівних у Сумській області, за даними Департаменту агропромислового розвитку Сумської ОДА, 2009–2017 рр. (htpp://www.apk.sm.gov.ua)

Рік	Площа, га	Валовий збір, т	Урожайність, т/га
2009	163	101,1	0,62
2010	135	58,1	0,43
2011	380	307,8	0,81
2012	606	387,8	0,64
2013	693	408,9	0,59
2014	795	429,3	0,54
2015	682	354,6	0,52
2016	312	212,2	0,68
2017	380	209,0	0,55

Враховуючи вищенаведене, можемо з упевненістю зазначити, що проведення досліджень у роки з різними погодними умовами дали змогу більш об’єктивно оцінити вплив технологічних заходів, які вивчали у дослідах.

2.3. Об’єкти досліджень

Дослідження проводили на однодомних сортах конопель посівних селекції Інституту луб’яних культур НААН, які повністю відповідають сучасним вимогам безнаркотичності й продуктивності (табл. 2.2).

Сорт-стандарт Гляна створений із сорту ЮСО-31 методом багаторазового родинно-групового добору із застосуванням методу половинок у напрямку підвищення стабільності популяції в ознаці статі, високих показників продуктивності, мінімального вмісту канабіноїдних сполук. Висота рослин на кінець вегетаційного періоду – до 2,5 м. Суцвіття за формою ромбічне, середньо компактне. Тривалість періоду вегетації близько 120 діб. Урожайність стебел – 6,4 т/га, насіння – 1,6 т/га. Вміст волокна усього – 32,7%. Рік реєстрації 2008.

Таблиця 2.2.

Характеристика досліджуваних сортів
(за даними Державного Інституту експертизи сортів рослин України)

Назва сорту	Вегетаційний період, діб	Висота рослин, см	Урожайність стебел, т/га	Урожайність насіння, т/га
Гляна	120	231	6,4	1,6
Глесія	118	263	7,9	2,1
Глухівські 51	120	265	9,5	1,0
Глухівські 85	133	253	9,2	1,2
Миколайчик	124	209	6,7	1,5
Золотоніські 15	135	285	10,5	0,9

Сорт Глесія створений відбором рослин конопель із сорту Глера у напрямку підвищення насіннєвої продуктивності. Висота рослин у межах 2,6 м. Урожайність насіння 2,1 т/га, стебел (за посіву на зеленець) 7,9 т/га, волокна (за посіву на зеленець) 2,5 т/га (вміст 31,6%). Вегетаційний період 118 діб. ТГК – відсутній. Рік реєстрації 2016.

Сорт Глухівські 51 одержано шляхом складної гібридизації дводомних і однодомних сортів конопель (ЮС-8 / ЮСО-46) / (ЮСО-33 / ЮСО-45) з подальшим родинно-груповим відбором на підвищення продуктивності і зниження вмісту канабіноїдних сполук. Тривалість періоду вегетації – 120 діб. Висота рослин – 265 см. Урожайність насіння – 10 ц/га. Урожайність волокна до 3,5 т/га. Вміст ТГК – 0,0%. Рік реєстрації 2017.

Сорт Глухівські 85. Тривалість періоду вегетації до біологічної стиглості – 133 доби. Висота рослин – 253 см. Урожайність насіння – 1,22 т/га. Урожайність стебел – 9,2 т/га. Урожайність волокна – 2,9 т/га. Вміст ТГК – 0,0 %. Рік реєстрації 2019.

Сорт Миколайчик. Тривалість періоду вегетації до біологічної стиглості – 124 доби. Висота рослин – 209 см. Урожайність насіння – 1,45 т/га. Вміст олії в насінні – 35,2 %. Урожайність стебел – 6,7 т/га. Урожайність волокна – 2,55 т/га. Вміст ТГК – 0,01%. Рік реєстрації 2019.

Сорт південного типу Золотоніські 15 створений добором із сорту Золотоніські 13 на підвищення вмісту волокна та зниження наркотично активних речовин. Висота рослин на кінець вегетаційного періоду може сягати більше 3 м. Тривалість періоду вегетації 130–136 днів. Вміст волокна – 28,6 – 29,2 %. Потенційна урожайність стебел до 12,0 т/га, насіння – 1,0 т/га. Рік реєстрації 1998.

2.4. Методика проведення досліджень

Досягнення поставленої мети досліджень і вирішення науково-практичних завдань здійснювали шляхом виконання багатоваріантних польових, лабораторних модельних і виробничих дослідів, які супроводжували спостереженнями, обліками та аналізом відповідно до загальноприйнятих методик і техніки закладання польових дослідів [1].

Фенологічні спостереження за фазами росту й розвитку рослин, динаміку накопичення вегетативної маси, структуру репродуктивних органів та оцінку

урожайності виконували за «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [2] та «Методикою проведення експертизи сортів конопель (*Cannabis sativa* L.) на відмінність, однорідність і стабільність [3].

У дослідах проводили такі обліки, спостереження та аналізи.

Дослід № 1. **Визначення динаміки надходження ФАР у посівах конопель.** Метою досліджень було встановлення впливу рівнів енергетичного забезпечення на рослини конопель у процесі їх вегетації.

Польові дослідження проводили в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур НААН упродовж 2014–2016 років. Система живлення та догляд за посівами – рекомендовані для зони проведення досліджень. Об'єктом досліджень були рослини конопель посівних сорту Гляна. Параметри змін інтенсивності світлового потоку сонячних променів (інтенсивність потоку енергії ФАР) визначали у посівах культури з різною густотою стояння:

1) 0,5 млн рослин/га; 2) 1,0 млн рослин/га; 3) 1,5 млн рослин/га; 4) 2,0 млн рослин/га; 5) 2,5 млн рослин/га.

Інтенсивність потоку енергії ФАР у посівах конопель посівних оцінювали за методикою Х. Г. Тоомінга [5].

Для проведення досліджень був використаний фотоінтегратор конструкції Б. І. Гуляєва із селективними світловими фільтрами, що дозволяє враховувати, у першу чергу, інтенсивність потоку енергії ФАР і визначати світловий режим посівів культури [6].

Рух датчика фотоінтегратора у посівах під час кожного заміру здійснювали за одним і тим же маршрутом. Заміри інтенсивності потоку енергії ФАР проводили у 6-разовій повторності.

Заміри потоків енергії ФАР у посівах конопель посівних проводили з урахуванням фаз розвитку рослин культури у фіксовані строки і години дня.

Дослід № 2. **Вплив густоти посіву на динаміку повторного забур'янення.** Польові дослідження проводили впродовж 2014–2016 рр. в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур НААН у посіві конопель сорту Гляна за рекомендованої для зони досліджень агротехніки вирощування й системи живлення рослин. Дослідом передбачалось вивчення застосування перед посівом грунтового гербіциду Гезагард 500 FW, к.с. (прометрин – 500 г/л) у нормі 2,0 л/га (норма витрати робочого розчину 300 л/га) на бур'яни повторного забур'янення за різної густоти стояння рослин конопель посівних.

Схема досліду: 1) 0,5 млн рослин/га; 2) 1,0 млн рослин/га; 3) 1,5 млн рослин/га; 4) 2,0 млн рослин/га; 5) 2,5 млн рослин/га.

Забур'яненість посівів визначали кількісним і кількісно-ваговим методом перед збиранням рослин. Для цього по діагоналі ділянки у 4 місцях на однакових відстанях на поверхню ґрунту накладали рамки площею 0,25 м^2 на кожному повторенні досліду. У межах кожної рамки визначали кількість і видовий склад бур'янів та загальну їх кількість. Обліки бур'янистої рослинності проводили згідно з вимогами «Методики випробування і застосування пестицидів» [7].

Дослід № 3. **Вплив густоти посіву на структуру врожаю конопель**. Визначення впливу густоти посіву конопель посівних на структуру врожаю та його якість проводили в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур НААН у 2014–2016 рр. Об'єктом досліджень були посіви конопель сорту Гляна. Досліди закладали згідно загальноприйнятих методик [1, 2] із різною розрахунковою густотою рослин у посіві:

1) 0,5 млн рослин/га; 2) 1,0 млн рослин/га; 3) 1,5 млн рослин/га; 4) 2,0 млн рослин/га; 5) 2,5 млн рослин/га.

Визначали такі показники:

- урожайність соломи, т/га;
- урожайність насіння, т/га;

- загальна довжина стебел, см;
- технічна довжина стебел, см;
- частка підгонів у посіві, %;
- вихід волокна, всього, %;
- вихід довгого волокна,%;
- номер якості волокна;
- сорт якості волокна.

Технологія вирощування конопель посівних – загальноприйнята для природньо-кліматичної зони північно-східного Лісостепу України. Спостереження за ростом й розвитком рослин залежно від густоти рослин у посіві та її вплив на урожайність та якість коноплепродукції вивчали згідно з методикою на ВОС [3]. Структуру врожаю визначали методом пробного снопа (1 м х 1 м по 4 обліки на ділянці). Насіння обмолочували вручну очищуючи від різного роду домішок на ситах і зважували окремо солому і насіння. Кількісні та якісні параметри врожаю конопель посівних визначали за ДСТУ [8, 9, 10].

Дослід № 4. **Ідентифікація сортів конопель за комплексом параметрів фотосинтетичної активності**. Оцінювання потенціалу посухостійкості, кількості та структури хлорофілів. Мета дослідження – оцінка посухо- і жаростійкості рослин різних сортів конопель посівних для добору кращих генотипів, більш стійких до стресових чинників літнього періоду. Визначення стійкості рослин сучасних сортів конопель посівних до дії посухи, а також всебічне вивчення комплексу показників фотохімічних і фотофізичних процесів у хлоропластах листків цієї культури проводили в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур НААН та у лабораторії фізіології Інституту садівництва НААН у 2015–2017 рр. Визначали комплекс параметрів посухо- і жаростійкості рослин сортів: 1) Глесія; 2) Гляна; 3) Глухівські 51; 4) Глухівські 85; 5) Миколайчик; 6) Золотоніські 15.

Для аналізу стану рослин конопель посівних використовували метод Каутського [11], що ґрунтується на взаємозв'язку змін інтенсивності

флуоресценції хлорофілу з фотосинтетичними реакціями у хлоропластах листків [12, 13].

Флуоресценція хлорофілу та її індукційні зміни легко реєструвалися, що дозволило створити портативні прилади для визначення функціонального стану рослин у польових умовах [14, 15].

Індукційні зміни флуоресценції хлорофілу реєстрували за допомогою хронофлуорометра «Флоратест», виробництва Інженерного центру Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, що дозволяло контролювати роботу фотосистеми 2 (ФС II) хлоропластів [16].

Для лабораторних дослідів були використані повністю сформовані листки верхнього ярусу рослини (7–10 листок). Їх відбирали зранку, в день проведення вимірювань та за необхідності перед аналізом витримували в темноті не менше 30 хвилин. Усього для кожного варіанта досліду було визначено зміни індукції хлорофілу листків у 4–5 зразках.

Дослідження проводили в лабораторії фізіології Інституту садівництва НААН України. Флуоресценцію хлорофілу збуджували і реєстрували з верхньої поверхні листкової пластинки (палісадна паренхіма) упродовж трьох хвилин, після закінчення яких на рідкокристалічному моніторі приладу отримували графік. Надалі результати аналізу з приладу передавались на комп’ютер.

Для оцінювання функціонального стану фотосинтетичного апарату за індукційними змінами флуоресценції хлорофілу використано комплекс параметрів, що дозволило проаналізувати зміни фотосинтетичних процесів у листках, а саме:

F_o – початкове значення, або фоновий рівень флуоресценції (після ввімкнення освітлення), пропорційне кількості молекул хлорофілу, які не мають функціонального зв’язку з реакційними центрами (РЦ) і не передають енергію на фотосинтез;

F_{pL} – рівень флуоресценції хлорофілу на момент досягнення тимчасового вповільнення зростання її сигналу (так зване «плато»);

F_P – значення емісії флуоресценції (у першому максимумі ІФХ), яке пропорційне загальній кількості хлорофілів у межах фотосистеми та обернено пропорційне кількості РЦ;

F_M – значення емісії флуоресценції у додатковому максимумі індукції флуоресценції хлорофілу;

F_{st} – стаціонарний її рівень через 1,5–3 хв після початку освітлювання (показник кількості хлорофілів, які не беруть участі у передачі енергії на РЦ).

Інші показники, що характеризують перебіг фотосинтетичних процесів у листках, визначали за формулами:

K_{pL} – так званий «коефіцієнт плато», який характеризує частку первинних акцепторів електронів за насичуючої фотосинтез інтенсивності світла ФСІІ –Q_a, що не відновлюють реакційні центри: $K_{pL} = \Delta F_{pL} / F_v$,$\Delta F_{pL} = F_{pL} – F_o$,$F_v = F_{p1} – F_o$;

K_i – коефіцієнт ефективності світлової фази фотосинтезу та електронного транспорту поблизу реакційних центрів фотосистеми 2 (ФСІІ): $K_i=F_v/F_{p1}$;

RFD – коефіцієнт ефективності темнових фотохімічних процесів, або коефіцієнт спаду флуоресценції, який характеризує квантову ефективність фотосинтезу (індекс життєздатності): $RFD= (F_м–F_{st}) /F_{st}$. [17].

Усі показники фотоіндукції флуоресценції наведено у відносних одиницях еталона флуоресценції (скло ОС-14) з емісією у такому самому спектральному діапазоні, як і флуоресценція хлорофілу.

З метою виділення посухостійких сортів визначали водоутримувальну спроможність листків, їх водний дефіцит, здатність відновлювати тургор, оводненість тканин [18].

Для визначення загальної кількості води 5–10 листків кожного сорту поміщали в металеві бокси (дворазова повторність) і висушували в термостаті за температури 105°С до стабільної маси.

Загальну кількість води (В) у відсотках до сирої маси наважки визначали за формулою

$$В = \frac{(в-с)}{(в-а)} \times 100\%, \quad (2.1)$$

де а – маса пустого бюксу (г);

в – маса бюксу з сирою наважкою (г);

с – маса бюксу з сухою наважкою (г).

Водний дефіцит (ВД) досліджували в динаміці (через 2, 4 і 6 годин). Для визначення водного дефіциту цілі листки сортів конопель посівних (3–5 шт.) зважували і поміщали в колбу з водою для насичення (дворазова повторність). Колби поміщали у кристалізатор із водою і накривали таким самим кристалізатором для утворення повітряної камери. Після 24-годинного насичення листки промокали фільтрованим папером і зважували.

Водний дефіцит у листках (у відсотках від загального вмісту води у стані повного насичення) вираховували за формулою:

$$В = \frac{М2-М1}{М3-М} \times 100, \quad (2.2)$$

де М – маса сухої наважки;

M_1 – маса води перед насиченням;

M_2 – маса води після повного насиченн;

M_3 – маса листків після повного насичення водою.

Визначення вмісту хлорофілів *a* і *b* у різних ярусах листків рослин досліджуваних сортів конопель посівних визначали за загальноприйнятими методиками [19, 20].

Концентрацію хлорофілів установлювали за оптичною щільністю спиртової витяжки, визначеною за допомогою спектроколориметра КФК-3. Повну екстракцію пігментів досягали використовуючи високоефективний розчинник диметилсульфоксид (ДМСО). Процедура визначення хлорофілів *a* і *b* у листках за допомогою ДМСО полягала в такому. Робили висічки певної площі (1–2 $см^2$), зважуючи їх, переносили пінцетом у окремі пробірки, додавали по 5 мл ДМСО, закривши гумовими пробками. Штатив із пробірками залишали на 12–24 год у темряві для екстрагування пігментів. Свідченням завершення процесу було повне знебарвлення висічок. На спектрофотометрі вимірювали коефіцієнти абсорбції (А) розчину пігментів для довжин хвиль

663 та 645 нм. Концентрацію хлорофілів у листках (С) визначали в мкг/г сирої речовини і в мкг/см^2 поверхні листків за формулами:

$$C_a = \frac{V \cdot (12{,}7A_{663} - 2{,}79A_{645})}{M}, \quad (2.3);$$

$$C_b = \frac{V \cdot (20{,}7A_{645} - 4{,}62A_{663})}{M}, \quad (2.4);$$

$$C_{a+b} = \frac{V \cdot (17{,}9A_{645} + 8{,}08A_{663})}{M}, \quad (2.5);$$

$$C_a = \frac{V \cdot (12{,}7A_{663} - 2{,}79A_{645})}{S}, \quad (2.6);$$

$$C_b = \frac{V \cdot (20{,}7A_{645} - 4{,}62A_{663})}{S}, \quad (2.7);$$

$$C_{a+b} = \frac{V \cdot (17{,}9A_{645} + 8{,}08A_{663})}{S}, \quad (2.8);$$

де V – об’єм розчину;

M – маса висічки (сира чи суха);

S – її площа.

Дослід № 5. **Оцінювання фітомеліоративних характеристик посівів конопель.** Мета досліджень – оцінка можливостей рослин сучасних сортів конопель посівних засвоювати і накопичувати у стеблах і насінні важкі метали, наявні у ґрунті.

Польові дослідження проводили у 2015–2017 рр. в умовах експериментальної бази Інституту луб’яних культур НААН, що розташований на околиці м. Глухів Сумської області. Схема досліду:

Фактор А – сорти: 1) Гляна; 2) Глесія.

Фактор Б – тип культури: 1) суцільного сіву (міжряддя 15 см із нормою висіву 2,0 млн шт/га) ; 2) просапна (міжряддя 45 см із нормою висіву 0,5 млн шт/га).

Фактор В – фаза збирання: 1) технічна стиглість; 2) біологічна стиглість.

Польові й лабораторні дослідження можливостей різних сортів конопель посівних засвоювати і накопичувати у стеблах та плодах важкі метали, які наявні у ґрунті, проводили за відповідними методиками [21, 22, 23].

Розміщення ділянок – систематичне. Загальна площа посівної ділянки становила 20 м^2, облікової – 6 м^2, повторність – триразова.

Перед початком вирощування посівів конопель посівних на ділянках були відібрані проби ґрунту з орного шару глибиною 0–20 см. Зразки стебел конопель посівних для проведення аналізів на вміст у них важких металів відбирали відповідно у фазу технічної і біологічної стиглості рослин культури. Аналіз вмісту важких металів у ґрунті, насінні та стеблах конопель проводили в Інституті фізіології та генетики рослин НАН України. Визначення елементного складу в дослідних зразках здійснювали методом ICP-MS на емісійному мас-спектрометрі Agilent 7700 x.

Зразки висушували до сухої маси і озолювали в азотній кислоті (осч) за допомогою мікрохвильової пробопідготовки Milestone Start D. Отриманий екстракт доводили до 50 мл водою 1-го класу (18 Мом), підготовленою на системі очищення води Scholar-UV NexUp 1000 (Human Corporation, Корея). Отримані цифрові матеріали опрацьовували статистично за допомогою програми Exel та з математичним опрацюванням отриманих даних за допомогою професійного пакета програм для статистичного аналізу Statistica 8,0 і аналізували [1].

Дослід № 6. **Оцінювання ефективності монокультури конопель.** Мета досліджень – проведення оцінки можливостей підвищення концентрації посівів конопель посівних і використання беззмінних посівів.

У 1931 році на експериментальному полі Всесоюзного науково-дослідного Інституту конопель, нині Інститут луб’яних культур НААН, був закладений багаторічний дослід для вивчення впливу тривалого застосування органічних і мінеральних добрив на врожай соломи конопель та зміну родючості ґрунту. В умовах досліду упродовж 2009–2013 рр. була проведена система польових досліджень на ділянках із різними схемами та нормами внесення добрив, а саме:

1) без добрив (контроль);

2) $N_{60}P_{45}K_{45}$;

3) $N_{120}P_{90}K_{90}$;

4) $N_{200}P_{100}K_{240}$;

5) гній – 20 т/га;

6) гній – 40 т/га;

7) гній – 80 т/га;

8) $N_{60}P_{45}K_{45}$ + гній 20 т/га.

У досліді було передбачено проведення таких обліків:

- рівень урожайності соломи, т/га;
- загальна довжина стебел, см;
- технічна довжина стебел, см;
- кількість підгонів у посіві, %.

Польові дослідження закладали і проводили згідно загальноприйнятих методик [1, 2]. Фенологічні спостереження, морфологічний аналіз рослин виконували за методикою на ВОС [3]. Кількісні та якісні параметри врожаю стебел конопель посівних визначали згідно з ДСТУ [9, 10].

Сіяли коноплі у різні роки у період ІІІ декади квітня – І декади травня. Розмір посівної ділянки – 90 м^2, облікової – 60 м^2. Повторність – 3-разова. Гній, фосфорні та калійні добрива вносили восени під зяблеву оранку, азотні – весною під культивацію. Агротехніка вирощування конопель загальноприйнята для північно-східної частини України при вирощуванні конопель на зеленець. Однодомні коноплі сорту Гляна висівали звичайним рядковим способом із розрахунку 4,5 млн насінин на гектар. Збирали коноплі посівні у фазу технічної стиглості (на зеленець) коноплежаткою ЖК – 1,9. Висоту рослин вимірювали перед збиранням урожаю. Облік урожаю соломи проводили методом пробного снопа (1 м х 1 м по 4 обліки на ділянці).

Агрохімічні аналізи ґрунту проводили в лабораторії агрохімії Інституту СГ ПС НААН двічі у 2009 та 2013 роках згідно з ДСТУ 4287:2004 (Якість ґрунту. Відбирання проб) [23] і визначали такі показники:

- вміст гумусу, % (ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини) [24];

- вміст легкогідролізованого азоту за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда) [25];

- рухомі сполуки фосфору і обмінного калію (ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і обмінного калію) [26].

Дослід № 7. **Оптимізація системи удобрення та структури посіву конопель для отримання товарного насіння.**

Польовий дослід проведено упродовж 2009–2011 років в умовах експериментальної бази Інституту луб'яних культур НААН на посівах сорту Гляна. У двофакторному досліді вивчали:

фактор А – норма висіву, млн шт. схожих насінин на 1 га: 1) 0,125; 2) 0,25; 3) 0,5;

фактор Б – норма добрив, кг д. р./га: 1) $N_{15}P_{15}K_{15}$ (контроль); 2) $N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$; 3) $N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$; 4) $N_{75}P_{45}K_{45}$+ $N_{15}P_{15}K_{15}$; 5) $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$.

Польові дослідження закладали і проводили згідно загальноприйнятих методик [1, 2]. Фенологічні спостереження, морфологічний аналіз рослин виконували за методикою на ВОС [3]. Кількісні та якісні параметри врожаю стебел і насіння конопель посівних визначали згідно з ДСТУ [8, 9, 10].

Попередник – озимі зернові. Восени проводили лущення стерні та наступну оранку на глибину 20–22 см, весною – закриття вологи шляхом боронування та передпосівну культивацію у складі трактора Т-150 і культиватора КПС-4,2 на глибину 4–5 см. Після сівби здійснювали боронування і коткування. Сівбу проводили в останню декаду квітня за допомогою сівалки СОН-4,2. Ширина міжрядь – 45 см, глибина загортання насіння – 4–5 см. Облікова площа 50 м^2. Догляд за посівами полягав у проведенні трьох міжрядних обробітків. Збирання проводили вручну за

дозрівання 75 % насіння. Облік урожаю проводили з кожної ділянки окремо методом пробного снопа(1 м х 1 м по 4 обліки на ділянці), експериментальні дані опрацьовували статистично.

Визначали такі показники:

- урожайність насіння, т/га;
- урожайність соломи, т/га;
- загальна довжина стебел, см;
- технічна довжина стебел, см.

Оцінку економічної ефективності оптимізації технологічних елементів вирощування конопель посівних проводили відповідно до апробованих методик (В. Г. Андрійчук, 2009) на основі витрат із розроблених технологічних карт за загальноприйнятою формою. Вартість матеріально-технічних ресурсів та вирощеної продукції взято за цінами станом на липень2020 року.

Висновки до розділу

Погодні умови вегетаційного періоду рослин конопель у роки проведення досліджень за ступенем відхилення від середніх багаторічних мали істотні відмінності і характеризувалися як: роки з вищою сумою температур та меншою кількістю опадів – 2010 і 2015; роки з вищою сумою температур та більшою кількістю опадів – 2012; роки з меншою сумою температур і меншою кількістю опадів – 2014 і 2017; роки з меншою сумою температур та більшою кількістю опадів – 2009, 2011, 2013 та 2016.

Список використаних джерел

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Масличные, эфирномасличные и технические культуры, шелковица,

тутовый шелкопряд. Випуск 3 / подгот. К. С. Назаренко и П. Е. Маринич. Москва, 1972. 240 с.

3. Методика проведення експертизи сортів конопель (*Cannabis sativa* L.) на відмінність, однорідність і стабільність / М. Д. Мигаль та ін. *Охорона прав на сорти рослин.* 2007. Вип. 1, Ч. 3. С. 51–63.

4. Ботаника : в 4 т. : учебн. для студ. высш. учебн. заведений / под. ред. А. К. Тимонина. М. : Академия, 2009. Т. 4. Систематика высших растений, кн. 2. 352 с.

5. Тоомінг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л. : Гидрометеоиздат, 1977. 200 с.

6. Фотосинтез, продукционный процесс и продуктивность растений / Б. И. Гуляев и др. Киев : Наук. думка, 1989. 152 с.

7. Методики випробування і застосування пестицидів / Трибель С. О. та ін.; за ред. С. О. Трибеля. К. : Світ, 2001. 448 с.

8. ДСТУ 7695:2015. Насіння конопель. Технічні умови.

9. ДСТУ 8422:2015. Треста конопляна. Технічні умови.

10. ДСТУ 8423:2015. Солома конопляна. Технічні умови.

11. Kautsky H., Hirsch A. Neue Versuche zur Kohlensäureassimilation. *Naturwissenschaften*. 1931. Vol. 19, Issue 48. S. 964.

12. Карапетян Н. В., Н. Г. Бухов. Переменная фруоресценция хлорофила как показатель физиологичесского состояния. *Физиология растений.* 1986. Вып. 33, № 5. С. 1013–1026.

13. Chlorophyll fluorescenceas a diagnostictool : basics and someaspects of practical relevance. In Photosynthesis: a comprehensive treatise A.S. Raghavendra ed. / U. Schreiber, W. Bilger, H. Hormann, C. Neubauer. *Cambrige University Press*, 1998. P. 320–336.

14. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу : методичні вказівки для студентів

біологічного факультету / О. В. Брайон та ін. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000.

15. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. К. : Альтерпрес, 2002. 188 с.

16. Китаєв О., Клохан П., Романов В. Портативний хронофлуорометр для експрес-діагностики фотосинтезу «Флоратест» : зб. доп. конф. – звіту з комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України у галузі сенсорних систем та технологій, 2–3 лютого 2005 р. Київ, 2005. С. 59.

17. Kalaji M. H., Guo P. Chlorophyll fluorescence: A useful tool in barley plant breeding programs // In: Photochemistry Research Progress (Eds. A. Sanchez, S. J. Gutierrez). Nova Publishers, NY, USA. – 2008. – P. 439–463.

18. Еремин Г. В., Гасанова Т. А Изучение жаростойкости и засухоустойчивости сортов. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел : ВНИИСПК, 1999. С. 80–85.

19. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. К. : Наукова думка, 1976. 334 с.

20. Wellburn A.P. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Ibid.* 1994. 144, № 3. P. 307–313.

21. Довідник для радіологічних служб Мінсільгосппроду України / Б. С. Прістер та ін. К. : УНДІСГР, 1997. 176 с.

22. Яковлєв Є. О., Мельник І. В., Дубицький А. І. Еколого-геохімічна оцінка забруднення грунтів, донних відкладів, грунтових вод : методичні рекомендації. Київ : Геоінформ, 1998. 33 с.

23. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. – М., 1999. – 610 с.

24. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб.

25. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини.

26. ДСТУ 7863:2015 Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда.

27. ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і обмінного калію за модифікованим методом Чирикова.

28. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств : підруч. / В. Г. Андрійчук. К. : КНЕУ, 2004. 624 с.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ СВІТЛОВИХ (ЕНЕРГЕТИЧНИХ) РЕЖИМІВ ПОСІВІВ КОНОПЕЛЬ

Життя на планеті Земля мало можливість виникнути та існує завдяки постійному надходженню енергії зірки другої величини – Сонця. Це світило є потужним джерелом енергії, яка надходить до простору у формі променів. На орбіті нашої планети на площу в один квадратний метр, яка розміщена перпендикулярно напрямку руху сонячних променів, надходить 1,37 кВт енергії на годину – сонячна константа [1].

Атмосфера планети частково поглинає і частково розсіює сонячні промені, тому до поверхні Землі у зоні тропіків надходить більше одного кВт/год на м^2 площі, а у помірних широтах, де розміщена і наша країна, – близько 0,8 кВт/год на м^2 у полуденний період. Інтенсивність освітленості поверхні залежить від багатьох факторів [2], але у першу чергу від кута перебування Сонця над горизонтом і наближення до перпендикулярності положення самої поверхні, на яку падає світло до напрямку руху сонячних променів [3].

Більшість живих організмів, що створюють біосферу нашої планети, існують завдяки використанню трансформованої енергії Сонця. Саме зелені рослини здатні виконувати космічну роль: перетворювати енергію сонячних променів у високоенергетичні хімічні сполуки органічних речовин, які вони формують у процесі фотосинтезу. Саме зелені рослини є організмами продуцентами – основою трофічних зв’язків усіх біоценозів [4].

У сучасному рослинному світі найпоширенішим шляхом фотосинтезу є C_3, який відбувається з максимальною ефективністю за відповідного рівня освітленості листків зелених рослин, коли поглинання 9–10 фотонів енергії світла призводить до виділення, як побічного продукту фотосинтезу, одної молекули O_2 за умов, що рослини не перебувають у стані стресу [5, 6].

Удосконалення процесів фотосинтезу відбувалось паралельно з розвитком рослинного світу. Удосконалювалася не лише морфологія рослин, а й їх анатомічна будова. Листки рослин відділу Покритонасінні – *Angiospermae,*зокрема і конопель посівних – *Cannabis satíva* L., є складною живою гетерогенною оптичною системою: багаторазове відбивання і розсіювання світла всередині листка призводить до збільшення ефективного оптичного шляху порівняно з товщиною листка і коливається залежно від довжини світлової хвилі та анатомії листка. За умов надмірно інтенсивного освітлення для зменшення рівня поглинання енергії світла внутрішня оптична система здатна здійснювати своєрідне самозатінення за допомогою пігментів, так званий «ефект упаковки» [7].

Із потоку енергії, що надходить від Сонця до поверхні планети, рослини використовують для забезпечення процесів фотосинтезу від 0,5 до 1,5 % (у першу чергу енергію ФАР). Енергія ФАР – це частина потоку енергії сонячного спектра (42–45 % від загального потоку), що має довжину світлових хвиль від 380 до 710 н. м. [8].

У помірному кліматичному поясі планети найпродуктивнішими є посіви буряків цукрових (*Beta vulgaris* L.) і кукурудзи (*Zea mais* L.*)*, що за вегетаційний період 140–180 діб здатні активно поглинати падаючий потік енергії ФАР і формувати до 28 та 26 т/га сухої речовини відповідно [9].

Коноплі посівні (*Cannabis satíva* L.*)* поступаються названим рекордсменам за рівнем біологічної продуктивності, проте теж здатні досягати високих показників використання потоку енергії ФАР.

Дія світла на зелені рослини, зокрема і на коноплі посівні, є комплексною. Рівень освітленості зелених частин рослин культури проявляє безпосередній вплив не лише на інтенсивність фотосинтезу, а й на процеси транспірації, здатність здійснювати активне мембранне перенесення сполук мінерального живлення, особливо аніонів, кореневою системою [10].

Загальне зниження рівня освітленості рослин культури на 30 % призводить до зменшення здатності засвоєння з ґрунту сполук фосфору на 35–38 %, сполук азоту на 27–32 % і сполук калію на 16–18 %. Змінюється здатність рослин до синтезу у клітинах фітогормонів, що відповідають за стратегію проходження етапів онтогенезу рослин [11].

Отже, дослідження особливостей світлових (енергетичних) режимів у посівах конопель посівних є питанням актуальним як з погляду фізіологічної оцінки культури, так і прикладних питань технології вирощування: оптимізації оптичної щільності посівів, реакції сортів на різні умови освітленості за етапами онтогенезу рослин [12].

3.1. Динаміка інтенсивності потоку енергії ФАР у посівах за фазами розвитку рослин

Для проведення досліджень був використаний фотоінтегратор Б. І. Гуляєва з селективними світловими фільтрами, який дозволяє враховувати найперше інтенсивність потоку енергії ФАР і визначати світловий режим посівів культури.

Проведення замірів потоків енергії ФАР у посівах конопель посівних проводили з урахуванням фаз розвитку рослин культури у фіксовані строки і години дня. Докладно методика проведення обліків світлових режимів наведена у розділі 2.

На час проведення перших обліків (24.05) рослини конопель посівних перебували на ювенільному етапі органогенезу: відбувались активні ростові процеси нарощування площі листків.

Інтенсивність потоку енергії ФАР, що надходила до посівів конопель посівних, поступово збільшувалась завдяки щоденному підвищенню кута переміщення Сонця над горизонтом і наростання довжини світлового дня.

На час проведення замірів інтенсивність потоку енергії ФАР у середньому за роки досліджень становила 241 імпульс/хв лічильника

фотоінтегратора (табл. 3.1). Частина потоку світлової енергії, що доходила до посіву, відбивалась знову у простір (альбедо). Величина відбитої променевої енергії ФАР посівом була різною і залежала насамперед від оптичної щільності рослин у посівах конопель посівних. За розрахункової густоти стояння у 0,5 млн рослин/га величина альбедо становила в середньому 48,2 імпульси/хв. За густоти у 2,5 млн рослин/га альбедо посівів конопель було меншим і становило 36,8 імпульси/хв.

Таблиця 3.1

Особливості світлового режиму посівів (кількість імпульсів/хв.) конопель посівних станом на 24.05 (середнє за 2014–2016 рр.)

Розрахункова густота стояння, млн шт/га .	Показники світлового режиму (кількість імпульсів фотоінтегратора/хв.)				
	падаючий потік енергії ФАР	альбедо посіву	пропускання світла посівом до ґрунту	поглинання світла посівом	величина поглинання, %
0,5	241	48,2	105,3	87,5	36,3
1,0	241	45,6	100,2	95,2	39,5
1,5	241	43,4	101,7	95,9	39,8
2,0	241	39,2	97,6	104,2	43,2
2,5	241	36,8	92,5	111,7	46,4
$НІР_{0,05}$					3,81

За різного ступеня оптичної щільності посівів культури неоднаковим був і рівень пропускання енергії ФАР до поверхні ґрунту. Оскільки проективне покриття рослин конопель посівних ще було недостатнім, щоб контролювати простір на полі, частина світлової енергії безперешкодно досягала поверхні ґрунту і забезпечувала здійснення процесів фотосинтезу сходам рослин бур’янів. Величина пропускання потоку енергії ФАР посівами із розрахунковою густотою стояння рослин у 0,5 млн шт/га була значною і

досягала в середньому за роки проведення досліджень 105,3 імпульсів/хв, або 43,7 % від величини всього потоку енергії ФАР.

Молоді рослини конопель посівних на такому етапі органогенезу в посівах із розрахунковою густотою стояння рослин у 0,5 млн шт/га поглинали 87,5 імпульсів/ хв, або 36,3 % від величини падаючого на посіви потоку енергії ФАР.

Підвищення розрахункової густоти стояння рослин до 2,5 млн шт/га забезпечувало вищий показник оптичної щільності і відповідно інші параметри світлових режимів під час вегетації. Пропускання потоку енергії ФАР таким посівом до поверхні ґрунту становило 92,5 імпульсів/хв або було на 12,2 % меншим порівняно з посівами, що формувались за мінімальної розрахункової густоти стояння (0,5 млн шт/га). Водночас величина частки падаючого потоку енергії ФАР, що була поглинута рослинами конопель на час проведення замірів, дорівнювала 111,7 імпульсів/хв або перевищувала аналогічні показники посівів із мінімальною густотою на 21,7 %.

Наступні заміри світлових (енергетичних) режимів у посівах конопель посівних із різною розрахунковою густотою стояння рослин та оптичною щільністю були виконані 24.06. За місяць вегетації від попередніх замірів рослини культури поступово перейшли в іматурний етап органогенезу. Розпочався інтенсивний ріст стебел у висоту, активно формувалась площа листків. Рослини в посівах досягли повного проективного покриття поверхні ґрунту і зімкнули листки у міжряддях.

Заміри інтенсивності падаючого потоку енергії ФАР досягали своїх максимальних показників. У полуденний період Сонце мало своє найвище стояння над горизонтом упродовж усього вегетаційного періоду. Падаючий потік енергії ФАР становив у середньому 254 імпульсів/хв (табл. 3.2).

Альбедо (відбивання потоку енергії ФАР посівом конопель) було диференційованим і залежало від розрахункової густоти стояння рослин та величини пропускання світла до поверхні ґрунту. Посіви із розрахунковою

густотою стояння рослин у 0,5 млн/га мали альбедо 36,3 імпульсів/хв, або 14,3% від величини падаючого потоку енергії ФАР. Збільшення розрахункової густоти стояння рослин конопель посівних до 1,5 млн шт/га забезпечувало отримання середніх показників альбедо в середньому 31,7 імпульсів/хв, а за густоти 2,5 млн шт/га альбедо було ще меншим – 24,5 імпульсів/хв, або на 1,5 раза менше порівняно з посівами з мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин (0,5 млн шт/га).

Таблиця 3.2

Особливості світлового режиму посівів (кількість імпульсів/хв) конопель посівних на 24.06 (середнє за 2014–2016 рр.)

Розрахункова густота стояння, млн шт/га.	Показники світлового режиму (кількість імпульсів фотоінтегратора/хв)				
	падаючий потік енергії ФАР	альбедо посіву	пропускання світла посівом до ґрунту	поглинання світла посівом	величина поглинання, %
0,5	254	36,3	61,1	156,7	61,7
1,0	254	34,9	54,3	164,8	64,9
1,5	254	31,7	51,9	170,4	67,1
2,0	254	27,2	48,0	178,8	70,4
2,5	254	24,5	36,0	193,5	76,2
$НІР_{0,05}$					3,22

Досягнення 100% проективного покриття рослинами культури поверхні поля одночасно змінювало і частку пропускання енергії світла до поверхні ґрунту в посівах різної оптичної щільності і розрахункової густоти. На посівах із мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин (0,5 млн шт/га) величина пропускання потоку енергії ФАР становила 61,1 імпульсів/хв, або 24,1% від падаючого потоку.

За розрахункової густоти стояння конопель посівних у 1,5 млн шт/га величина пропускання потоку енергії ФАР зменшувалась до 51,9 імпульсів/хв,

або 20,4% від падаючого потоку. Наступне зростання розрахункової густоти стояння рослин до максимальної і відповідно оптичної щільності забезпечувало зниження частки пропускання падаючого потоку енергії ФАР до 36,0 імпульсів/хв, або 14,2%.

Величина поглинання падаючого потоку енергії ФАР посівами конопель після змикання рослин культури у міжряддях була диференційованою.

За мінімальної у дослідах розрахункової густоти стояння рослин (0,5 млн шт/га) насіння культури у посівах обсяг поглинання падаючого потоку енергії ФАР становив у середньому за роки проведення досліджень 156,7 імпульсів/хв, або 61,7 %. Підвищення розрахункової густоти стояння рослин до 1,5 млн шт/га забезпечувало більш повне поглинання падаючого на посів потоку енергії ФАР. Він досягав 67,1 %, або 170,4 імпульсів/хв. Максимальний рівень поглинання посівом конопель посівних енергії ФАР на час проведення замірів (24.06) був зафіксований за густоти 2,5 млн шт/га. Він становив 193,5 імпульсів/хв, або 76,2 % від падаючого потоку. Тобто за такої розрахункової густоти стояння посіви поглинали до 76,2 % падаючого потоку енергії ФАР, який надходив від Сонця.

Рослини культури на такому етапі органогенезу ставали домінантними у агрофітоценозах і виступали в ролі едифікаторів, тобто реально контролювали умови життя інших компонентів – бур’янів. Детальніше про взаємозв’язок бур’янів і рослин культури матеріал поданий в наступному розділі. У цей період рослини конопель посівних з іматурного етапу органогенезу перейшли до віргінального і далі – до генеративного. При цьому рослини у посівах досягали максимальної висоти і формували найбільшу площу листкової поверхні.

Виконання наступних замірів світлових (енергетичних) режимів у посівах конопель посівних із різною розрахунковою густотою стояння рослин і оптичною щільністю було проведено 24.07. Теплий період року доходив до своєї вершини, а інтенсивність потоку променевої енергії Сонця вже пройшла

свій апогей і починала знижуватись. Середні показники інтенсивності потоку енергії ФАР на дату заміру в роки проведення досліджень становили 237 імпульсів/хв. (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Особливості світлового режиму посівів (кількість імпульсів/хв) конопель посівних на 24.07 (середнє за 2014–2016 рр.)

Розрахункова густота стояння, млн шт/га .	Показники світлового режиму (кількість імпульсів фотоінтегратора/хв.)				
	падаючий потік енергії ФАР	альбедо посіву	пропускання світла посівом до ґрунту	поглинання світла посівом	величина поглинання, %
0,5	237	19,9	31,2	186,1	78,5
1,0	237	18,7	27,1	191,3	80,7
1,5	237	18,1	22,0	196,9	83,1
2,0	237	17,3	15,1	219,7	92,7
2,5	237	16,4	10,0	210,6	88,9
$НІР_{0,05}$					3,59

Альбедо посівів за умов вегетації у другу половину липня було менше порівняно з показниками у попередні строки. На посівах з мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин (0,5 млн шт/га) величина альбедо в середньому за роки проведення досліджень була 19,9 імпульсів/хв, або 8,4 % від величини падаючого потоку енергії ФАР. На посівах із вищою оптичною щільністю посівів культури (1,5 млн шт/га) величини відбивання падаючого потоку енергії ФАР – альбедо становили в середньому 18,1 імпульсів/хв, або менше за показники замірів на посівах із мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин на 1,8 імпульсів/хв. Величина незначна, проте вона свідчить про тенденцію змін оптичних властивостей рослин культури у посівах.

Найменша величина відбивання енергії ФАР посівами конопель посівних була зафіксована за проведення замірів над рослинами культури з густотою

стояння у 2,5 млн шт/га. Вона становила в середньому 16,4 імпульсів/хв. або 6,9 % від величини падаючого потоку енергії ФАР. Показники тенденції змін величини альбедо посівів на попередніх замірах були підтверджені більш вагомими показниками.

Наявність добре розвиненої площі листків рослин культури в посівах у другій половині липня проявляла свій вплив і на показники величини пропускання потоку енергії ФАР до поверхні ґрунту.

Найбільша величина пропускання енергії світла в глибину посівів і до поверхні ґрунту була зафіксована на посівах із мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин (0,5 млн шт/га) і становила 31,2 імпульсів/хв. Тобто такі посіви пропускали 13,2% падаючого потоку енергії ФАР. Такої кількості світлової енергії було достатньо для успішного виживання частини бур'янів у посівах та формування ними своєї маси. Підвищення рівня оптичної щільності посівів конопель посівних шляхом збільшення їх розрахункової густоти стояння рослин впливало на величину пропускання потоку енергії ФАР. На посівах із розрахунковою густотою стояння рослин у 2,5 млн шт/га пропускання становило в середньому 10,0 імпульсів/хв, або 4,2 % від величини падаючого потоку енергії ФАР, що надходить від Сонця.

Наступні послідовні заміри світлових (енергетичних) режимів у посівах конопель посівних із різною розрахунковою густотою стояння рослин та оптичною щільністю були виконані 24.08 за роками проведення досліджень.

За період вегетації від попередніх замірів рослини конопель посівних завершили фазу цвітіння та активно формували плоди і насіння. Рослини поступово переходили у сенільний етап свого органогенезу. Тривалість світлового дня від своїх максимальних значень 22–24 червня на час проведення чергових обліків (24.08) скоротилась більш ніж на дві години. Знизилось і положення Сонця над горизонтом у полуденний період, зменшилась і інтенсивність потоку енергії ФАР, що доходить до посівів. У середньому за роки проведення досліджень інтенсивність падаючого потоку енергії ФАР була

218 імпульсів/хв, або на 14,2 % меншою порівняно з максимальними показниками (на час замірів 24.06) (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Особливості світлового режиму посівів (кількість імпульсів/хв) конопель посівних на 24.08 (середнє за 2014–2016 рр.)

Розрахункова густота стояння, млн шт./га.	Показники світлового режиму (кількість імпульсів фотоінтегратора/хв)				
	падаючий потік енергії ФАР	альбедо посіву	пропускання світла посівом до ґрунту	поглинання світла посівом	величина поглинання, %
0,5	218	15,8	45,1	157,1	72,1
1,0	218	15,0	36,5	166,5	76,4
1,5	218	14,2	31,3	172,5	79,1
2,0	218	13,9	24,6	179,5	82,3
2,5	218	13,7	19,4	184,9	84,8
$НІР_{0,05}$					3,71

Зменшення інтенсивності падаючого потоку енергії ФАР призводило до зменшення величини альбедо посівів конопель посівних. На посівах із найменшою розрахунковою густотою стояння рослин (0,5 млн шт/га) середні показники альбедо за роки проведення досліджень становили 15,8 імпульсів/хв. Частка відбитої у простір променевої енергії Сонця – альбедо на час проведення замірів становила 7,2 %. Підвищення розрахункової густоти стояння рослин у посівах до 1,5 млн шт/га проявляло тенденцію до зниження величини альбедо. Відбивання променевої енергії такими посівами становило в середньому 14,2 імпульсів/хв.

Найменший рівень альбедо проявляли посіви культури з максимальною розрахунковою густотою стояння рослин і найбільшою оптичною щільністю. Альбедо таких посівів було на рівні 13,7 імпульсів/хв. Зміни у процесі онтогенезу рослин конопель посівних призводили до початку старіння і

відмирання частини листків нижнього ярусу посівів. Загальна площа листків у рослин культури починає зменшуватись (максимальна площа листків рослин конопель посівних формується у період їх цвітіння), тож у світловому режимі посівів відбуваються зміни. Починає проявлятись тенденція зростання частки пропускання посівами падаючого на посіви потоку енергії ФАР.

На посівах із мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин (0,5 млн шт/га) величина пропускання енергії ФАР становила в середньому 45,1 імпульсів/хв або більше порівняно з попередніми замірами на 13,9 імпульсів /хв. Оскільки інтенсивність падаючого потоку енергії ФАР поступово зменшується, то важливим показником є частка величини пропускання посівами падаючого потоку енергії ФАР. Посіви з мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин на час проведення замірів пропускали в середньому 19,0% падаючого на посіви потоку енергії ФАР.

Підвищення розрахункової густоти стояння рослин до 1,5 млн шт/га забезпечувало краще поглинання падаючого потоку енергії ФАР і відповідно знижувало частку його пропускання до поверхні ґрунту. Такі посіви пропускали в середньому за роки проведення досліджень 31,3 імпульсів/хв, або 14,4 % від величини падаючого потоку енергії ФАР. Найменшу величину пропускання світлової енергії посівами конопель посівних до поверхні ґрунту на час проведення замірів 24.08 у роки проведення досліджень було зафіксовано за густоти у 2,5 млн шт/га. Такі посіви пропускали в середньому 19,4 імпульсів/хв. Частка пропускання енергії ФАР була на рівні 8,9 %.

Величина поглинання енергії ФАР посівами культури на період проведення замірів була різною. Мінімальна розрахункова густота стояння (0,5 млн шт/га) рослин конопель посівних забезпечувала поглинання в середньому 157,1 імпульсів/хв, або 72,0%. При розрахунковій густоті стояння у 1,5 млн шт/га величина поглинання посівами енергії ФАР зростала в середньому за роки проведення досліджень до 172,5 імпульсів/хв, або до 79,1 %.

За максимальної розрахункової густоти стояння рослин (2,5 млн шт/га) величина поглинання енергії ФАР коноплями посівними досягала в середньому 184,9 імпульсів/хв, або 84,8 % від величини падаючого потоку енергії. Якщо рівень поглинання потоку енергії ФАР фітоценозами вище 70 % від величини падаючого потоку, то така оптична система є досконалою. Посіви конопель посівних за показниками повноти поглинання світлової енергії Сонця є досить ефективними.

Виконання наступних і останніх у дослідах послідовних замірів світлових (енергетичних) режимів посівів конопель посівних із різною розрахунковою густотою стояння рослин та оптичною щільністю у роки проведення досліджень на дату 24.09. визначило, що рослини культури перебували у сенільному етапі органогенезу. Площа листків поступово зменшувалась. Відмирання листків відбувалось з нижніх ярусів. Рослини завершували формування плодів і насіння.

Скорочення тривалості світлового дня на час проведення замірів становило порівняно з максимальною його тривалістю (22–24.06) більше трьох годин. Висота стояння Сонця над горизонтом у полуденний період стала значно меншою, тому інтенсивність падаючого потоку енергії ФАР зменшилась на 29,5 %. Величина потоку енергії ФАР становила в середньому за роки досліджень 179 імпульсів/хв (табл. 3.5).

Альбедо посівів конопель посівних теж зазнало відповідних змін. Проведення вимірювань величини альбедо енергії ФАР посівів культури з мінімальною розрахунковою густотою стояння рослин (0,5 млн шт/га) дало показник в 17,3 імпульсів/, або становило 9,7 % від величини інтенсивності падаючого потоку енергії ФАР.

На посівах, що мали вищий рівень розрахункової густоти стояння рослин (1,5 млн шт/га) показники альбедо проявляли тенденцію до зростання. Величина відбивання посівом потоку енергії ФАР була на рівні 18,7 імпульсів/хв. Максимальні показники альбедо були відмічені на посівах

культури із розрахунковою густотою стояння рослин у 2,5 млн шт/га. Вони становили в середньому 19,4 імпульсів/хв, або 10,8 % від величини падаючого потоку енергії ФАР, що надходила від Сонця.

Таблиця 3.5

Особливості світлового режиму посівів (кількість імпульсів/хв) конопель посівних на 24.09 (середнє за 2014–2016 рр.)

Розрахункова густота стояння, млн шт/га .	Показники світлового режиму (кількість імпульсів фотоінтегратора/хв)				
	падаючий потік енергії ФАР	альбедо посіву	пропускання світла посівом до ґрунту	поглинання світла посівом	величина поглинання, %
0,5	179	17,3	46,4	115,3	64,4
1,0	179	18,1	43,7	117,2	65,5
1,5	179	18,7	40,6	119,7	66,9
2,0	179	19,1	39,3	120,6	67,4
2,5	179	19,4	38,2	121,4	67,8
$НІР_{0,05}$					4,12

Зменшення площі листків у сенільних рослин конопель посівних відповідно проявлялось на час проведення замірів і на показниках величини пропускання світлової енергії до ґрунту. Найбільші показники пропускання потоку енергії ФАР були зафіксовані на посівах із найменшою у дослідах розрахунковою густотою стояння рослин. За густоти у 0,5 млн шт/га середні показники пропускання енергії ФАР становили 46,4 імпульсів/хв, або 25,9 % від величини падаючого на посів потоку енергії. Порівняно з попередніми замірами (24.08) частка пропускання енергії ФАР такими посівами зросла на 2,9 %, що може бути пояснена зменшенням рівня їх оптичної щільності за наступний період вегетації.

На посівах із більшою щільністю стояння рослин культури – 1,5 млн шт/га величина пропускання потоку енергії ФАР становила в середньому 40,6 імпульсів/хв, або 22,7 % від величини падаючого потоку енергії. За максимальної розрахункової густоти стояння рослин та оптичної щільності посівів конопель посівних (2,5 млн шт/га) на час проведення замірів попускання потоку енергії ФАР було найменшим – 38,2 імпульси /хв, або 21,3 % від величини падаючого потоку енергії. Порівняно з попередніми замірами світлових режимів посівів культури частка пропускання потоку енергії ФАР до ґрунту зросла майже у 2 рази.

Поглинання падаючого потоку енергії ФАР посівами конопель посівних із розрахунковою густотою стояння рослин у 0,5 млн шт/га було на рівні 115,3 імпульсів/хв або становило 66,4% від величини падаючого потоку енергії. На посівах із більшими показниками розрахункової густоти стояння рослин – 1,5 млн шт/га величини поглинання енергії ФАР посівами в середньому за роки проведення досліджень становила 119,7 імпульсів/хв, або на рівні 66,9 %. Максимальне збільшення в досліді густоти стояння рослин до 2,5 млн шт/га підвищувало рівень поглинання падаючого потоку енергії до 121,4 імпульсів/хв, що становило 67,8% від величини падаючого потоку енергії ФАР.

Отримані та узагальнені цифрові величини інтенсивності падаючого потоку енергії ФАР і його розподіл у посівах культури, що мають різну розрахункову густоту стояння рослин і відповідно різну оптичну щільність у роки проведення досліджень дозволяють виявити певні закономірності змін світлових (енергетичних) режимів упродовж вегетації.

Вивчення тенденцій та закономірностей змін розподілення показників світлового режиму посівів у процесі вегетації показало, що динаміка падаючого потоку енергії ФАР досить добре описувала процес поліноміальним рівнянням другого ступеня із точністю 98,8 %:

$$Y = -0{,}008x2 + 700{,}23x - 2E+07 \qquad (3.1)$$

Характеристика дифузійної відбивної здатності поверхні (альбедо) мала відмітну динаміку в процесі вегетації (рис. 3.1).

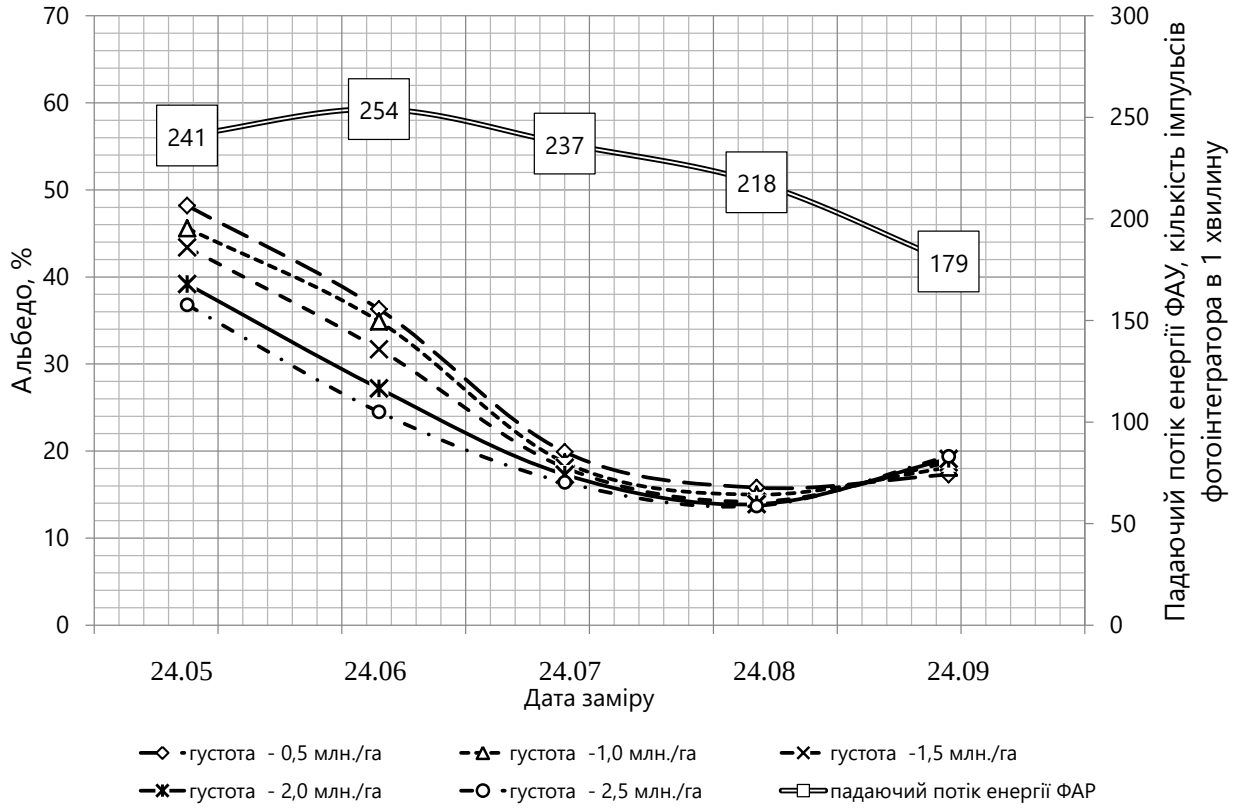


Рис. 3.1. Динаміка дифузійної відбивної здатності поверхні в посівах конопель посівних, 2014 – 2016 рр.

При цьому швидкість зниження альбедо за всіма варіантами упродовж перших двох місяців спостережень була значною, але менш інтенсивною, ніж зниження у процесі вегетації конопель падаючого потоку енергії ФАР. Падіння було лінійним, з інтенсивністю від 0,33 імпульсів фотоінтегратора/хв на добу (R^2=0,9004) у варіанті із розрахунковою густотою стояння рослин у 2,5 млн шт/га до 0,43 імпульсів у (R^2=0,8974) варіанті із густотою у 0,5 млн шт/га. Падіння уповільнювалось на дату від 24 липня до 24 серпня і майже на таку ж незначну величину зросло під час спостережень 24 вересня.

Загальні закономірності дифузійної відбивної здатності поверхні за кожним варіантом описувалися рівняннями ліній тренда та величиною достовірності апроксимації, які наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Рівняння ліній тренда та величина достовірності апроксимації динаміки падаючого потоку енергії ФАР та альбедо

Розрахункова густота стояння, млн шт/га	Рівняння	Коефіцієнт детермінації
0,5	$y = 0{,}003x^2 - 261{,}29x + 6E{+}06$	$R^2 = 0{,}8974$
1,0	$y = 0{,}003x^2 - 267{,}74x + 6E{+}06$	$R^2 = 0{,}8912$
1,5	$y = 0{,}0032x^2 - 280{,}95x + 6E{+}06$	$R^2 = 0{,}9129$
2,0	$y = 0{,}0031x^2 - 272{,}78x + 6E{+}06$	$R^2 = 0{,}8737$
2,5	$y = 0{,}0031x^2 - 275{,}96x + 6E{+}06$	$R^2 = 0{,}9004$

Основним показником світлового потоку, що впливає а формування продуктивності посівів конопель, є поглинання падаючого потоку енергії ФАР. Динаміка цього показника за роки досліджень за варіантами описувалась рівняннями поліноміальної регресії у вигляді побудови зворотної параболічної моделі (рис. 3.2).

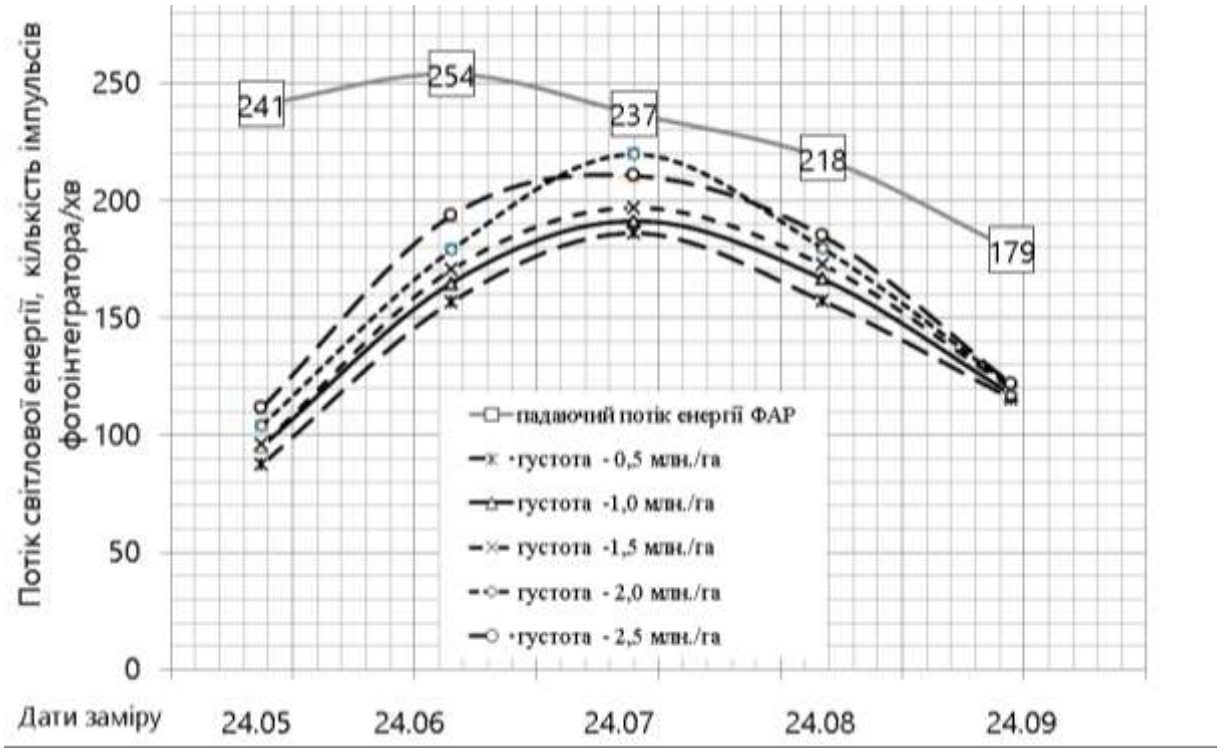


Рис. 3.2. Динаміка надходження та поглинання падаючого потоку енергії ФАР посівами конопель залежно від розрахункової густоти, 2014 – 2016 рр.

За результатами дослідження встановлено, що поглинання посівами з різною густотою стояння рослин упродовж вегетаційного періоду мало схожу тенденцію. На першому етапі розвитку рослин поглинання падаючого потоку значно поступалось падаючому потоку ФАР, від 36–46 % на дату заміру 24 травня до 62–76 % на дату 24 червня.

Пікове (максимальне) значення відзначалось 24.07 у кожному варіанті. Після цієї дати поглинання світла майже лінійно зменшувалось паралельно падінню кількості падаючого потоку енергії ФАР. Отже, можна зробити висновок, що до середини липня енергія ФАР не виконувала роль лімітуючого фактора формування врожайності конопель.

Максимальне пікове значення поглинання ФАР відзначено у варіанті з розрахунковою густотою стояння рослин у 2,0 млн шт/га. У варіанті з густотою у 2,5 млн шт/га поглинання у допіковий період було максимальним, але після 24.08 показники цього параметра світлового режиму майже збігалися з варіантом із густотою у 2,0 млн шт/га.

Рівняння ліній тренда та величина достовірності апроксимації динаміки поглинання світлом посівів конопель посівних наведені в табл. 3.7. Згідно з результатами досліджень коефіцієнти рівняння мають однакову розрядність, префіксні оператори однієї направленості.

Таблиця 3.7

Рівняння ліній тренда та величина достовірності апроксимації динаміки поглинання світлом посівів конопель посівних

Розрахункова густота стояння, млн шт/га	Рівняння	Коефіцієнт детермінації
0,5	y = -0,0211x2 + 1861,9x - 4E+07	R^2 = 0,8858
1,0	y = -0,0218x2 + 1919,7x - 4E+07	R^2 = 0,8714
1,5	y = -0,0230x2 + 2028,8x - 4E+07	R^2 = 0,9072
2,0	y = -0,0155x2 + 1368,4x - 3E+07	R^2 = 0,8906
2,5	y = -0,0154x2 + 1356,5x - 3E+07	R^2 = 0,8745

З усіх факторів життя, які необхідні для успішної вегетації зелених рослин, енергетичні фактори найменше піддаються корегуванню. Одним із небагатьох важелів впливу є можливість визначити відповідну орієнтацію рядків посівів у просторі та внести корективи у показники оптичної щільності й проективного покриття поверхні поля зміною густоти стояння рослин культури у посівах за рахунок розрахункової густоти. Особливо важливо це для боротьби із вторинним забур'яненням посівів.

Світловим фактором, що впливає на ріст та розвиток бур'янів другої хвилі, є пропускання світла посівом до ґрунту. Динаміка цього показника незалежно від розрахункової густоти, сформованої у варіантах досліду, мала загальну тенденцію.

Швидкість зміни показника за періодами досліджень різнилась у варіантах, але векторний напрямок функцій був характерним для всіх варіантів (рис. 3.3).

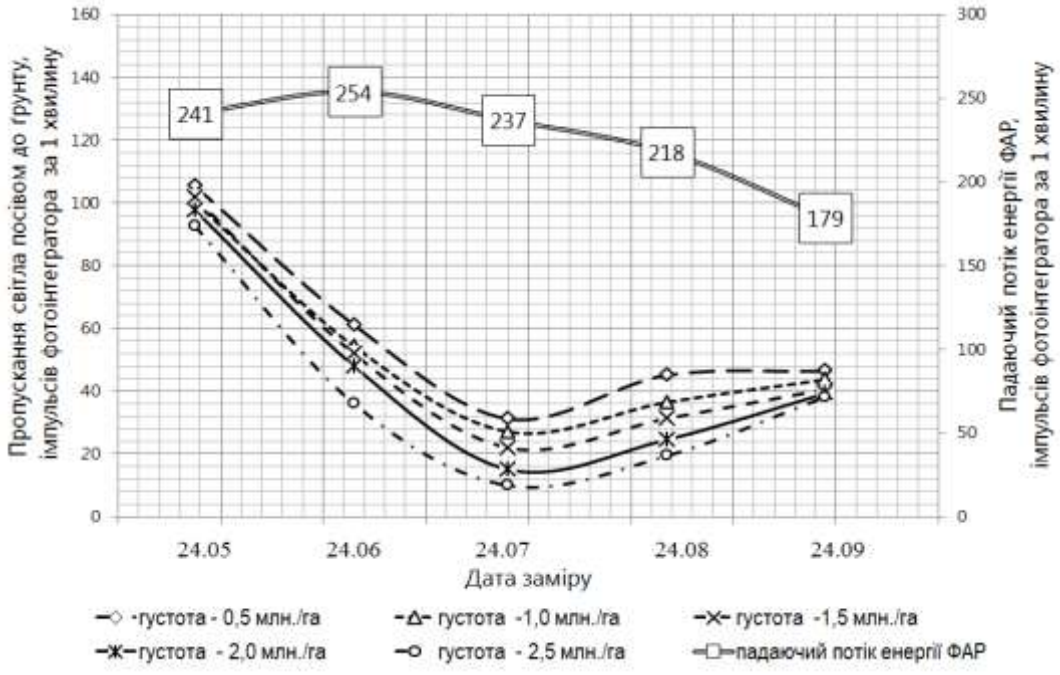


Рис. 3.3. Динаміка пропускання світла до ґрунту посівами конопель залежно від розрахункової густоти, 2014 – 2016 рр.

Так, динаміка пропускання світла в перші два місяці спостережень мала тенденцію до зниження. Швидкість зниження у варіанті з густотою 1,0 млн шт/га становила 1,2 імпульсів/хв за добу (R^2=0,8717), а у варіанті з густотою у 2,5 млн шт/га була на рівні 1,4 імпульсів/хв на добу (R^2=0,8554). Ці показники є граничними (крайовими) для досліду.

Стартові дані за варіантами різнилися і впродовж усього періоду спостережень. Пропускання світла до ґрунту зростало в напрямку від варіантів із більшою розрахунковою густотою стояння рослин до варіантів із меншою густотою.

Мінімальні значення показників за всіма варіантами відзначалися 24 липня і в подальшому спостерігалося їх збільшення. Це пояснюється початком фази формування насіння рослинами в посіві. Саме в цю фазу розвитку інтенсивність фотосинтезу рослинами є максимальною, і при подальшому вегетуванні її параметри знижуються, що і пояснює більшу проникливість світла до ґрунту в посівах конопель.

Рівняння ліній тренда та величина достовірності апроксимації динаміки пропускання світлом посівів конопель посівних наведені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Рівняння ліній тренда та величина достовірності апроксимації динаміки пропускання світла посівом до ґрунту

Розрахункова густота стояння, млн шт/га	Рівняння	Коефіцієнт детермінації
0,5	$y = 0{,}0102x^2 - 897{,}03x + 2E+07$	$R^2 = 0{,}8443$
1,0	$y = 0{,}0108x^2 - 950{,}42x + 2E+07$	$R^2 = 0{,}8717$
1,5	$y = 0{,}0119x^2 - 1047{,}6x + 2E+07$	$R^2 = 0{,}8765$
2,0	$y = 0{,}0129x^2 - 1137{,}8x + 3E+07$	$R^2 = 0{,}8821$
2,5	$y = 0{,}014x^2 - 1237{,}4x + 3E+07$	$R^2 = 0{,}8554$

Значення показників світлового (енергетичного) живлення рослин культури складно перебільшити, оскільки вони проявляють безпосередній вплив на всі біохімічні та фізіологічні процеси, що відбуваються в зелених рослинах, як у коноплях посівних, так і бур’янах, наявних у посівах.

З усіх факторів життя, які необхідні для успішної вегетації зелених рослин, енергетичні фактори найменше залежать від волі землероба. Енергетичні фактори проявляють себе у формі теплового режиму посівів і відповідного мікроклімату, що формується у глибині посівів, і рівня світлового (енергетичного) забезпечення процесів фотосинтезу та транспірації рослин. Серед важелів впливу в землероба є можливість визначити відповідну орієнтацію рядків посівів у просторі і внести корективи у показники оптичної щільності й проективного покриття поверхні поля зміною густоти стояння рослин культури у посівах.

Результати проведених досліджень світлових режимів посівів конопель посівних у цифрових показниках доводять вагомість їх впливу на важливі процеси, що відбуваються у рослин культури упродовж їх вегетації.

3.2. Вплив густоти посіву на рівень повторного забур’янення

Показники світлових режимів є найбільш лабільними серед усіх факторів впливу на рослини. Навіть упродовж одного світлового дня вони змінюються у дуже великому діапазоні не лише інтенсивністю освітлення посівів, проникненням променів у глибину посівів, величиною альбедо, а й структурою сонячних променів за довжиною світлових хвиль. Суттєво змінюються показники світлових режимів і упродовж вегетації посівів [13].

Сонячні промені навіть у діапазоні ФАР (частина променів сонячного спектра з довжиною хвиль від 380 до 710 н. м.) неоднаково цінні для процесів фотосинтезу, що відбуваються у клітинах хлоренхіми листкових пластинок і стебел рослин конопель посівних [11].

Листки зелених рослин, як відомо, є гетерогенними оптичними системами, що використовують енергію сонячних променів, передусім фіолетово-синього діапазону та жовто-червоної частини ФАР. Частина діапазону сонячної енергії ФАР, орієнтовно від 510 до 600 н. м. (світло-зелена частина сонячного спектра, або «зелене вікно»), для процесів фотосинтезу поглинається оптичними структурами хлорофілів *a* і *b* досить мало (орієнтовно на 12–16 %) і в основному після багаторазового відбивання в тканинах листка розсіюється (ефект дисипації) у просторі. Лише невелика частина зеленого світла може бути засвоєна наявними у хлоропластах клітин хлоренхіми пігментами: каротином, ксантофілом, антоціанами і на наступному етапі, після передачі електронів молекулам хлорофілу *a*, використана у реакційних центрах для процесів фотосинтезу [14, 15].

Відповідно потік енергії ФАР, який реєструють фотоелементи датчика фотоінтегатора в глибині посівів, має значну частку енергії зелених променів (вони частина діапазону світлових хвиль ФАР), проте їх цінність для процесів фотосинтезу суттєво менша порівняно з прямими сонячними променями [16].

Із урахуванням того що густота стояння рослин конопель на варіантах була неоднаковою, відмічалась суттєва зміна показників оптичної щільності та проективного покриття упродовж вегетаційних періодів років досліджень. Світлові (енергетичні) умови вегетації рослин конопель посівних впливали безпосередньо як на рослини культури та їх габітус, так і на нові сходи рослин бур’янів, що розпочинали свою вегетацію після того, як ґрунтові гербіциди ослабляли свою захисну функцію [17].

Появу таких бур’янів у посівах називають повторним забур’яненням [18]. Контролювати повторне забур’янення складно, оскільки застосовувати гербіциди для їх знищення практично неможливо через висоту рослин культури і небезпеку викликати хімічні стреси у рослин конопель посівних. Наявність бур’янів повторного забур’янення негативно впливає на рослини культури і знижує їх біологічну продуктивність[19].

Посіви конопель посівних, які мали мінімальну густоту (0,5 млн шт/га), у процесі своєї вегетації формували найменшу оптичну щільність. Проективне покриття таких посівів наступало пізніше порівняно з іншими варіантами дослідів, тож до нижнього ярусу посівів і до поверхні ґрунту в таких посівах надходила найбільша кількість світла. Обліки, проведені 10.09, виявили наявність у таких посівах конопель посівних рослини бур'янів повторного забур'янення в кількості 51,8 шт./м^2 і середньою масою 634 г/м^2 (табл. 3.9).

За розрахункової густоти стояння рослин на посівах у польових дослідах, оптична щільність посівів поступово збільшувалась і умови для появи нових сходів рослин бур'янів ускладнювались. За розрахункової густоти стояння конопель 1,5 млн шт/га середня кількість сходів бур'янів повторного забур'янення у роки проведення досліджень становила 33,6 шт./м^2, а маса становила 259,3 г/м^2.

Таблиця 3.9

Вплив розрахункової густоти посівів конопель на повторне забур'янення, 2014 – 2016 рр.

Розрахункова густота стояння рослин, млн шт/га .	Кількість бур'янів, шт./м^2	Маса бур'янів, г/м^2
0,5	51,8 ± 2,2	634,2± 31,7
1,0	46,3± 1,9	417,4± 27,2
1,5	33,6± 1,5	259,3± 21,6
2,0	24,9± 1,2	65,6± 9,4
2,5	18,3± 0,9	59,5± 8,2

У посівах конопель посівних із максимальною розрахунковою густотою стояння рослин у дослідах (2,5 млн шт/га) кількість бур'янів повторного забур'янення була найменшою і досягала в середньому лише 18,3 шт./м^2. Маса бур'янів у таких посівах була зовсім незначною – 59,5 г/м^2. Відповідно і

негативний вплив наявності бур’янів повторного забур’янення для рослин культури був мінімальним.

Умови вегетації молодих рослин бур’янів повторного забур’янення від самого початку їх росту і розвитку після виходу на поверхню ґрунту в посівах конопель посівних були різними. Насамперед суттєво відрізнялись світлові режими для таких рослин. Результати досліджень повторного забур’янення з урахуванням різної оптичної щільності посівів, яка визначалась розрахунковою густотою стояння рослин, свідчать про те, що динаміка показників забур’яненості (кількість та маса бур’янів) мала зворотну лінійну залежність розрахункової густоти стояння рослин (рис. 3.4).

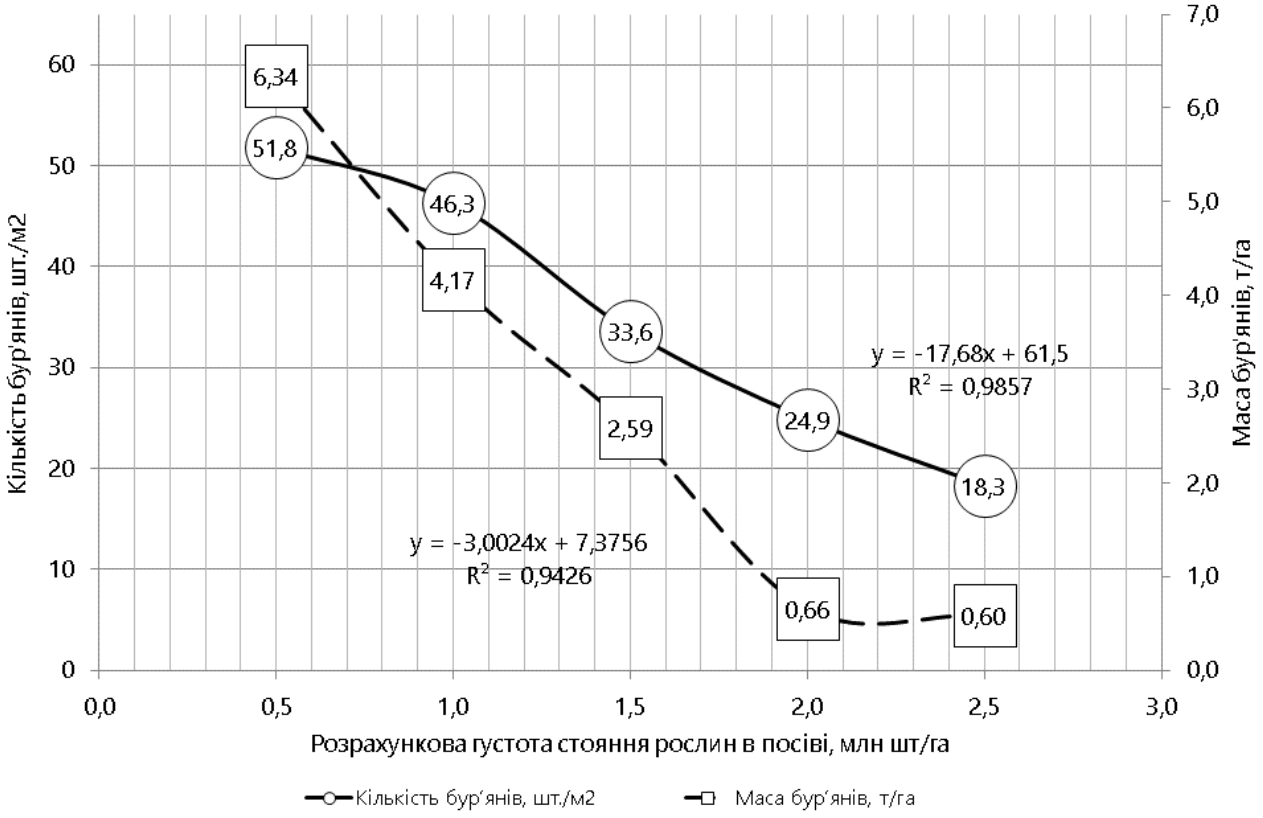


Рис. 3.4. Динаміка формування показників забур’яненості при повторному забур’яненні за різної оптичної щільності посівів, 2014–2016 рр.

Залежність формування кількості бур’янів від розрахункової густоти, яка залежить від розрахункової густоти стояння рослин на 98,6 %, описується зворотним лінійним рівнянням:

$$Y = -17,68 x + 61,5 \quad (3.2)$$

Динаміка формування вагових показників забур'яненості на 94,3 % описується також зворотним лінійним зв'язком із розрахунковою густотою стояння рослин, який має такий вигляд:

$$Y = -3,0024x + 7,3756 \quad (3.3)$$

При більш детальному описанні формування повторної забур'яненості в посівах із різною щільністю стояння рослин установлено, що посіви конопель посівних, які мали найменшу густоту висіву (0,5 млн шт/га), у процесі своєї вегетації формували найменшу оптичну щільність. Проективне покриття таких посівів наступало пізніше порівняно з іншими варіантами дослідів, тож до нижнього ярусу посівів і до поверхні ґрунту в таких посівах надходила найбільша кількість світла. Обліки, проведені 10.09, виявили наявність у таких посівах конопель посівних рослин бур'янів повторного забур'янення в кількості 51,8 шт./м^2 з біологічною масою 634 г/м^2, або 6,3 т/га.

З підвищенням розрахункової густоти стояння рослин у польових дослідах оптична щільність посівів поступово збільшувалась і умови для появи нових сходів рослин бур'янів ускладнювались.

У варіанті з розрахунковою густотою стояння рослин у 1,0 млн шт/га кількість бур'янів зменшилась на 10,6 %, а їх маса на 34,2 % порівняно з попереднім варіантом. За розрахункової густоти стояння у 1,5 млн шт/га середня кількість сходів бур'янів повторного забур'янення у роки проведення досліджень становила 33,6 шт/м^2, а маса становила 2,59 т/га. У варіанті з розрахунковою густотою стояння рослин у 2,0 млн шт/га показники забур'яненості знизилися порівняно з першим варіантом на 51,9 % за кількістю та на 89,7% за масою бур'янів. У посівах конопель посівних із максимальною розрахунковою густотою стояння рослин у дослідах (2,5 млн шт/га) кількість бур'янів повторного забур'янення була найменшою і досягала в середньому лише 18,3 шт/м^2. Маса бур'янів у таких посівах була зовсім незначною –

0,60 т/га. Відповідно і негативний вплив наявності бур'янів повторного забур'янення для рослин культури був мінімальним.

Умови вегетації молодих рослин бур'янів повторного забур'янення від самого початку їх росту і розвитку після виходу на поверхню ґрунту в посівах конопель посівних були різними. Насамперед суттєво відрізнялись світлові режими для таких рослин.

Зміни рівня освітленості у нижньому ярусі посівів конопель посівних залежно від різної розрахункової густоти стояння рослин проявляли диференційований вплив на умови росту і розвитку рослин бур'янів повторного забур'янення. Крім змін кількості сходів бур'янів різних видів, обліки фіксують і інші зміни. Такі зміни можна оцінити за показниками середньої маси одної рослини повторного забур'янення на ділянках посівів різних варіантів дослідів (рис. 3.5).

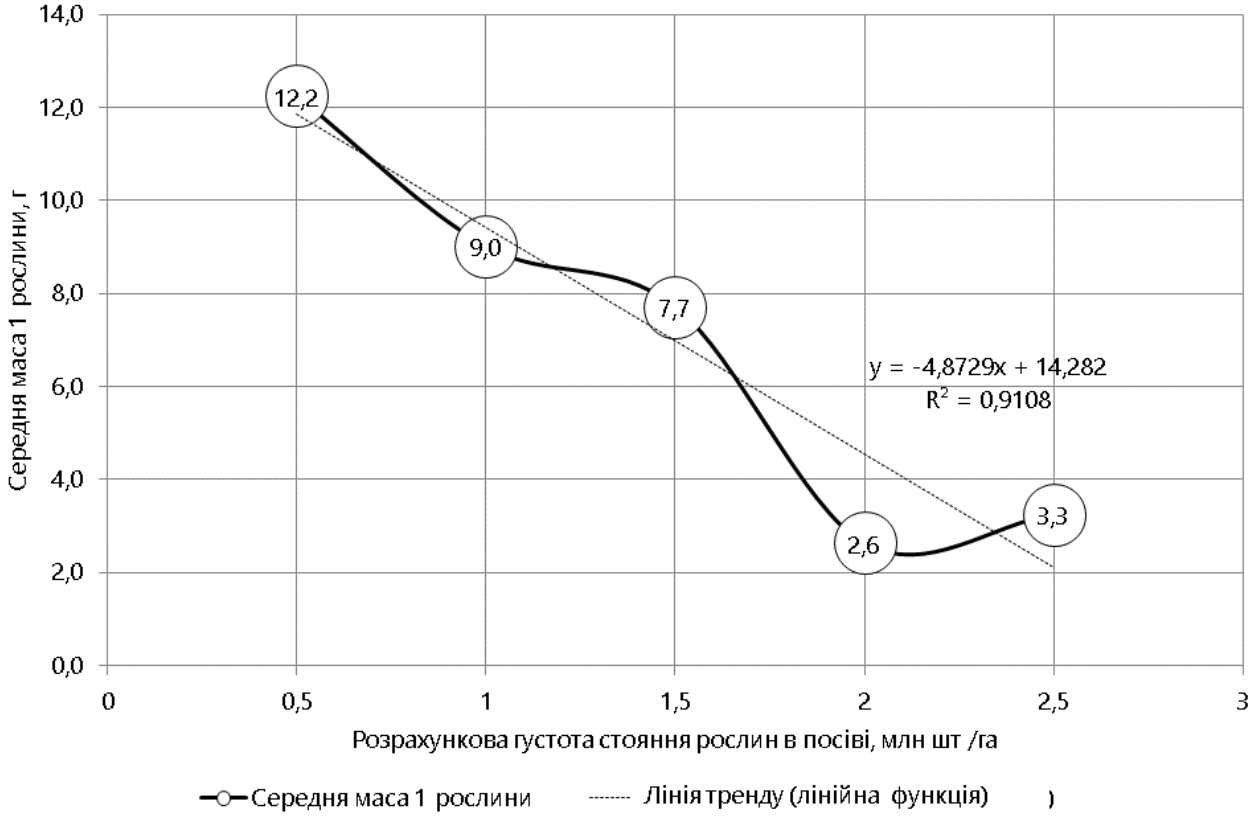


Рис. 3.5. Динаміка формування середньої маси рослин бур'янів за різної оптичної щільності посівів, 2014–2016 рр.

У посівах конопель посівних із густотою у 1,0 млн/га середня маса одної рослини бур'янів повторного забур'янення становила за роки проведення досліджень 9,0 г/рослину, або 73,8 % від величини накопичення маси бур'янами на ділянках із густотою 0,5 млн шт/га.

Якщо у посівах рослин культури з мінімальною густотою (0,5 млн шт/га) бур'яни повторного забур'янення формували в середньому масу на одну рослину 12,2 г, або 100 % (середня маса рослини бур'янів незалежно від видового складу забур'яненості), то з підвищенням показників оптичної щільності посівів конопель посівних змінювалась і інтенсивність потоку світла, насамперед енергії ФАР, що доходила до ярусу посівів, який розміщений біля поверхні ґрунту. Із погіршенням рівня освітленості листків молодих сходів рослин бур'янів знижувалась і їх здатність засвоювати енергію сонячних променів і формувати органічні речовини. Звідси випливає, що показники формування середньої маси одної рослини бур'янів повторного забур'янення за таких умов були меншими.

На ділянках наступного варіанта дослідів, де розрахункова густота стояння становила 1,5 млн шт/га, умови вегетації сходів рослин бур'янів повторного забур'янення були ще менш сприятливими, ніж на ділянках попередніх варіантів. Середній показник величини накопичення маси рослин бур'янів повторного забур'янення у роки проведення досліджень становив 7,7 г/рослину, або 63,1%. Тобто підвищення розрахункової густоти стояння рослин від 0,5 до 1,5 млн шт/га і відповідно зростання показників оптичної щільності посівів конопель призводили до зниження показників середньої маси одної рослини бур'яну повторного забур'янення на 36,9% від максимальних показників у дослідах.

Наступне підвищення розрахункової густоти стояння рослин до 2,0 млн шт./га призводило до значного зниження показників накопичення маси сходами бур'янів повторного забур'янення різних видів. Середня маса одної рослини бур'янів повторного забур'янення знизилась до 2,6 г/рослину, або

становила тільки 21,3 % від максимальних у дослідах показників. Таке суттєве зниження здатності молодих сходів різних видів бур'янів здійснювати процеси фотосинтезу і формувати свою масу, найбільш вірогідно, є наслідком перевищення фізіологічної межі можливостей адаптації фотосинтетичного апарату до умов існування в умовах високого рівня дефіциту світлової енергії. Такі рослини повторного забур'янення виживали, проте були не здатні формувати достатню надземну масу для послідовного росту і розвитку.

Морфологічно сходи багатьох видів бур'янів тривалий період своєї вегетації перебували на іматурному етапі органогенезу і були не здатні формувати генеративні структури та досягати віргінального етапу органогенезу. До таких бур'янів можна віднести, наприклад, рослини мишію сизого – *Setaria glauca* (L.) *Pal*. Beauv., щириці загнутої (звичайної) – *Amaranthus retroflexus* L., лободи білої – *Chenopodium album* L., пасльону чорного – *Solanum nigrum* L. тощо.

Частина рослин повторного забур'янення все ж таки зберігала здатність досягати наступних етапів органогенезу: віргінального, генеративного та сенільного. Проте вони залишались неотенічними (карликовими) за розмірами і величиною накопиченої маси. Такі рослини були навіть частково здатні формувати насіння. Водночас їх насіннєва продуктивність була на рівні кількох відсотків від таких показників у рослин бур'янів того ж виду, що мали можливість росту і розвитку за кращих умов освітленості.

При визначенні множинної лінійної кореляції між кількістю бур'янів (Y) та пропусканням світла до ґрунту (X_n) виявлено, що основними аргументами впливу були значення пропускання світла до ґрунту, які визначені 24.07 та 24.09 кожного року спостережень побудована прогностична модель, яка описується рівнянням:

$$y = +9695.91 - 5.18313 * x3 - 70.4083 * x5, \quad (3.5)$$

де x3 – дані замірів 24.0;

x5 – дані замірів 24.09,

та має такі статистичні характеристики: стандартне відхилення – 21,33, стандартну помилку – 0,087, коефіцієнт детермінації – 0,892.

Побудова графіка залежності параметрів забур'яненості від пропускання світла до ґрунту на дату заміру 24.07 описує формування кількості бур'янів лінійним рівнянням (рис. 3.6) з точністю 98,4% і свідчить про збільшення кількості бур'янів на 1,6 шт./м^2 на 1 імпульс фотоінтегратора/хв.



Рис. 3.6. Динаміка формування показників забур'яненості залежно від показників пропускання світла до ґрунту(дата заміру 24.07), 2014–2016 рр.

Маса бур'янів також лінійно залежала від пропускання світла на дату заміру і знижувалась зі швидкістю 27,3 г/м^2 на 1 імпульс фотоінтегратора/хв. Слід зазначити, що на відрізку 10 до 15 імпульс фотоінтегратора/хв маса бур'янів знижувалась лише на 1,2 г/м^2, що становить 4,5% від прогнозу. Така закономірність вимагає пошуку пояснення подібного явища.

Правомірно узагальнити, що густота стояння посівів конопель і відповідно їх оптична щільність є достатньо дієвим, дешевим і екологічним фактором впливу на процеси забур'янення. Особливо ефективне застосування

таких факторів впливу на показники повторного забур'янення посівів, коли застосування будь-яких агротехнічних чи хімічних прийомів на нові сходи бур'янів є дуже ускладненим або і просто неможливим.

Рослини культури, що вже досягли значного росту і розвитку самостійно внаслідок свого продуктивного потенціалу здатні бути ефективними едифікаторами – домінантами у створених людиною агрофітоценозах. Зайнявши майже повністю наявні у посівах екологічні ніші, вони позбавляють нові сходи рослин бур'янів факторів існування, насамперед одного з незамінних – енергії світла.

Такі прийоми взаємовпливу компонентів є абсолютно природними і характерними для стабільних та тимчасових рослинних комплексів – фітоценозів. Значення кожного з видів, що є складовими частинами як фітоценозів, так і штучно створених людиною агроценозів, насамперед залежить від величини маси, яку вони здатні формувати у процесі своєї вегетації щодо загальної маси, яку формує увесь фітоценоз.

Посіви конопель посівних за оптимальної оптичної щільності і росту та розвитку рослин культури здатні формувати біологічну масу, що становить 97–99% маси всіх рослин, що вегетували в посівах. Наукові дослідження і широка виробнича практика переконливо доводять, що маса рослин бур'янів як первинного, так і повторного забур'янення, що становить не більше 1–3 % від загальної маси рослин агроценозу, проявляти суттєвого негативного впливу на рівень урожайності посівів культурних рослин не здатна.

Фітоценотичні прийоми контролювання процесів повторного забур'янення посівів конопель посівних заслуговують на широке впровадження у аграрне виробництво як екологічні та достатньо ефективні.

3.3. Вплив густоти посіву на структуру врожаю

Коноплі посівні, як відомо, є культурою широкого використання. Відповідно і технології їх вирощування суттєво відрізняються між собою залежно від цільового призначення отриманого урожаю. Найціннішим у рослин конопель посівних є отримане з них волокно [20]. Водночас має цінність і практичне використання насіння цієї культури [7].

Проведені у 2014–2016 рр. польові дослідження передбачали насамперед вирощування посівів конопель посівних для отримання із їх стебел якісного волокна та насіння.

Урожайність стебел конопель посівних залежно від розрахункової густоти стояння рослин у посівах була різною. Найменший рівень урожайності стебел був зафіксований на ділянках із густотою у 0,5 млн шт/га і становив у середньому 5,5 т/га (табл. 3.10). Найвищі показники урожайності були на ділянках варіанта з густотою 2,0 млн шт/га.

Таблиця 3.10

Вплив розрахункової густоти посіву на урожайність та якість коноплепродукції, 2014 – 2016 рр.

Розрахункова густота стояння, млн шт/га	Урожайність, т/га		Довжина стебел, см		Частка підгону рослин, %
	соломи	насіння	загальна	технічна	
0,5	5,5	1,5	236	154	6,8
1,0	6,4	1,7	205	141	8,1
1,5	6,9	1,6	184	133	8,6
2,0	7,2	1,4	162	123	9,3
2,5	7,0	1,2	150	117	10,2
$НІР_{0,05}$	0,16	0,02			

Рівень урожайності насіння конопель посівних на посівах суцільного способу сівби з різною густотою стояння рослин також мав суттєві відмінності. Так, найбільшу урожайність насіння (1,7 т/га) отримано у варіанті з густотою у 1,0 млн шт/га . Зі збільшенням розрахункової густоти стояння рослин до 1,5, 2,0 та 2,5 млн шт/га спостерігалося зниження насіннєвої продуктивності посівів, яка становила 1,6, 1,4 та 1,2 т/га відповідно.

Підвищення розрахункової густоти стояння рослин призводило до зниження їх насіннєвої продуктивності та покращення урожайності і якості луб'яного волокна.

Умови вегетації впливали не лише на урожайність стебел у рослин конопель, а й на якісні характеристики самих луб'яних волокон. Аналізи структури отриманого урожаю виявляють відповідні закономірності змін, які проявлялись в результаті вирощування посівів конопель із різною розрахунковою густотою стояння рослин.

Важливим показником, крім рівня урожайності соломи, є показник виходу волокна, оскільки це один із головних параметрів оцінки отриманої органічної маси стебел рослин конопель посівних. За розрахункової густоти стояння у 0,5 млн шт/га з рівнем урожайності 5,5 т/га вихід волокна становив за роки проведення досліджень в середньому 29,3 % (табл. 3.11). З підвищенням розрахункової густоти стояння рослин та зниженням рівня освітленості кожної рослини у посівах відбувались зміни у морфології будови їх стебел. Через дефіцит світла вони знижували рівень гілкування, стебла витягувались вгору і ставали відносно тоншими, в них зменшувалась кількість паренхімних тканин, що виконують функцію запасання, проте зберігалась достатня кількість механічних волокон (коленхіма і склеренхіма), що забезпечували відповідну механічну ригідність стебел. Частка механічних тканин у таких витягнутих стеблах рослин культури поступово наростала і досягала свого максимуму 30,9% за густоти 2,0 млн шт/га. Наступне підвищення розрахункової густоти стояння рослин до 2,5 млн шт/га проявляло тенденцію до зниження показників

виходу волокна. Він був на рівні 30,3%, або на 0,6% менше порівняно з попередньою розрахунковою густотою стояння рослин.

Таблиця 3.11

Вплив розрахункової густоти посіву конопель на технологічну якість волокна, 2014 – 2016 рр

Розрахункова густота стояння, млн шт/га	Вихід волокна, %	Вихід довгого волокна, %	Сорт волокна
0,5	29,3	25,1	2
1,0	29,7	25,6	2
1,5	30,2	25,8	2
2,0	30,9	26,2	1
2,5	30,3	26,1	1
Нір $_{0,05}$	1,52	2,29	

Величина виходу волокна є важливим, проте не остаточним показником технологічної цінності отриманого із стебел конопель посівних волокна. Результати дослідження доводять, що вегетація рослин конопель посівних за умов повного бічного і верхнього освітлення дає необхідний рівень енергетичного забезпечення рослин культури, формування у них розгалужених стебел, генеративних систем, плодів і насіння. Отримане із стебел таких рослин волокно традиційно є досить грубим і коротким, отримання якісної прядильної сировини з такого волокна проблематичне.

Зниження рівня освітленості рослин конопель посівних впливає на формування більш тонких і витягнутих луб'яних волокон у стеблах, які відповідають вимогам до технологічно цінного довгого волокна. У рослин культури, що вегетували із густотою у 0,5 млн шт/га, середній рівень виходу тонкого волокна становив 25,1 %. З підвищенням розрахункової густоти стояння рослин і зниженням рівня освітленості рослин конопель посівних до

2,0 млн шт/га показник виходу довгого волокна збільшувався майже на 1,1 % і досягав у середньому 26,2 %. Наступне підвищення розрахункової густоти до 2,5 млн шт/га вже проявляло невелику тенденцію до зниження показника виходу тонкого волокна на 0,1 % від рівня посівів із густотою 2,0 млн шт/га. Тому отримане із стебел рослин конопель посівних волокно відповідало за якісними оцінками різним стандартизованим номерам.

Волокно з ділянок, що висівали густотою 0,5 та 1,0 млн шт/га, відповідало стандартизованим номерам 6,2 і мали другий сорт якості.

Різна густота стояння рослин культури залежно від розрахункової густоти стояння рослин формувала не однакові світлові (енергетичні) режими посівів, що забезпечували в певних межах зміни морфологічних ознак рослин культури, їх гормональний статус, рівень розвитку бічних пагонів і суцвіть та генеративних органів і висоту стебел. Проявлявся вплив і на обсяги виходу волокна та його технологічні якості.

Волокно, отримане з ділянок посівів конопель із розрахунковою густотою стояння рослин у 2,0 та 2,5 млн шт/га, відповідало стандартизованим номерам 6,4 та мало перший сорт якості. Отримана технічна сировина – солома з рослин конопель посівних на ділянках із різною розрахунковою густотою стояння рослин суттєво відрізнялась між варіантами дослідів як за обсягом отриманого урожаю, так і за якісними показниками.

Висновки до розділу

- Встановлено, що поглинання падаючого потоку ФАР посівом конопель станом на 24.05; 24.06; 24.07; 24.08 та 24.09 складає в середньому 41,0; 68,1; 84,8; 79,9 та 66,4 % від падаючого потоку ФАР. Невідповідність дат максимального надходження та максимального поглинання ФАР посівами в зоні досліджень складає 18-24 доби. Найвищий рівень поглинання забезпечується посівами з розрахунковою густотою рослин 2,0 та 2,5 млн шт/га.

- Визначено, що суттєве зниження світлоутримуючої здатності посівів конопель, що розпочинається з фази цвітіння, є визначальним фактором повторного забур'янення. Статистично суттєве зростання кількості та середньої маси бур'янів відмічається в посівах із розрахунковою густотою рослин менше 2,0 млн шт/га, які затримують менше 80 % падаючого потоку ФАР.

- Встановлено, що оптимальною для формування урожайності посівів конопель двобічного використання є розрахункова передзбиральна густота рослин 2,0 млн шт/га. Такі посіви формують урожайність соломи 7,2 т/га з виходом волокна 30,9 % із якого 26,2 % – довгого та урожайність насіння – 1,4 т/га.

Список використаних джерел

1. Іващенко О. О. Енергія сонця і бур'яни : монографія. К. : Колобіг, 2011. 134 с.

2. Gates D. M. Spectral distribution of solar radiation at the earth's surface. *Science*. 1966. № 151(3710), P. 523-529.

3. Butler W. L. Energy distribution in the photochemical apparatus of photosynthesis. *Ann. rev. plant physiol.* 1978. P. 345–378.

4. Chapin III F. S., Matson P. A., Vitousek, P. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer Science & Business Media, 2011. 528 p.

5. Овчинников Н. Н., Шиханова Н. М. Фотосинтез. М. : Просвещение, 1972. 166 с.

6. Kralovic Jan. Photosynthesis, pathways C3 and C4 and plant productivity. *Polno hospodarstvo*. 1983. № 1. P. 1–14.

7. Кабанець В. М. Вплив світлових режимі на якість волокна конопель. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 4. С. 23–27.

8. Якушкина Н. Л. Физиология растений. М. : Просвещение, 1993. 335 с.

9. Іващенко О. О. Світлове забезпечення енергетики посівів. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 7. С. 26–29.

10. Herppich W. B., Gusovius H. J., Flemming I., Drastig, K. Effects of Drought and Heat on Photosynthetic Performance, Water Use and Yield of Two Selected Fiber Hemp Cultivars at a Poor-Soil Site in Brandenburg (Germany). *Agronomy*. 2020. № 10(9), P. 1361.

11. Кабанець В. М. Особливості світлових режимів у посівах конопель посівних. *Вісник Сумського НАУ. Сер. Агрономія і біологія.* 2016. Вип. 9 (32). С. 101–107.

12. Struik P. C., Amaducci S., Bullard M. J., Stutterheim N. C., Venturi G., Cromack H. T. H.. Agronomy of fibre hemp (Cannabis sativa L.) in Europe. *Industrial crops and products.* 2000. № 11(2-3). P. 107-118.

13. Irmak S., Mutiibwa D. Dynamics of photosynthetic photon flux density and light extinction coefficient to assess radiant energy interactions for maize canopy. *Transactions of the ASABE*. 2008. № 51(5) P. 1663-1673

14.. Рудник-Іващенко О. І. Вміст хлоропластів у листках рослин проса та їх роль в процесі фотосинтезу. *Наукові доповіді НУБіП*. К., 2010. № 3 (19). С. 11–18.

15. Рожковский А. Д., Бухов Н. Г., Воскресенская Н. П. О соотношении реакционных центров фотосистем и хлорофилла у листьев ячменя. *ДАН СССР*, 1986. № 3. С. 765–768.

16. Рудник-Іващенко О. І. Продуктивність фотосинтезу в рослин проса за фазами його розвитку на різних фонах мінерального живлення. *Наукові доповіді НУБіП*. К., 2009. № 3(15). С. 10.

17. Hall J., Bhattarai S. P., Midmore, D. J. Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fibre yield in the subtropics. *Renewable Bioresource*s 2014. № 2 (1), P. 1-7.

18.Іващенко О. О. Бур’яни в агрофітоценозах. К. : Світ, 2001. 234 с.

19. Mosjidis J. A., & Wehtje G. Weed control in sunn hemp and its ability to suppress weed growth. *Crop Protection*, 2011. № 30 (1), P. 70-73.

20. Petit J., Salentijn E. M. J., Paulo M.-J. et al. Genetic variability of morphological, flowering, and biomass quality traits in hemp (*Cannabis sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11, 102. P. 1–17. DOI: 10.3389/fpls.2020.00102

Публікації здобувача використані при написанні розділу

1. Кабанець В. М. Вплив світлових режимів на якість волокна конопель. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 4. С. 23–27.

2. Кабанець В. М. Особливості світлових режимів у посівах конопель посівних. *Вісник Сумського НАУ. Сер. Агрономія і біологія*. 2016. Вип. 9(32). С. 101–107.

3. Кабанець В. М. Вплив параметрів світлового потоку на формування повторного забур'янення конопель посівних. *Вісник Сумського НАУ. Серія Агрономія і біологія.* 2020. –Вип. 1(39). С. 101–107.

4. Кабанець В. М. Вплив генотипу на формування врожаю конопель посівних. Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю утворення Сумської області, 20–21 лютого 2014 р. Суми : ВВП «Мрія-1», 2016. С.134–135.

РОЗДІЛ 4

ІДЕНТИФІКАЦІЯ СОРТІВ КОНОПЕЛЬ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ РОСЛИН

Життя будь-якого організму, зокрема і конопель посівних, нерозривно зв'язане з середовищем. Саме в обміні речовин і енергії між організмом і середовищем і проявляється саме існування феномену життя.

Зелені рослини як організми-автотрофи виконують космічну роль і здатні засвоювати та акумулювати променеву енергію Сонця за допомогою хлорофілу у формі високоенергетичних органічних сполук із вуглекислого газу (CO_2) і води (H_2O) і використання мінеральних речовин.

Водночас нерозривний зв'язок рослин із навколишнім середовищем гармонійно поєднується з іншими властивостями: необхідністю тонко регулювати обмін між середовищем і внутрішнім об'ємом рослин за допомогою наявних клітинних біологічних мембран, покривних тканин, продихів і внутрішньої регуляції на біохімічному рівні [1].

За несприятливих умов зовнішнього середовища для успішної вегетації рослин конопель посівних на етапах органогенезу культура здатна здійснювати відповідні адаптації. Такі адаптаційні пристосування можуть бути різноплановими: від збільшення у кілька разів товщини шару епікутикулярних восків на поверхні листкових пластинок, регуляції інтенсивності газообміну і транспірації води до накопичення у точках росту фенольних сполук і абсцизової кислоти, що гальмують ростові процеси в умовах посухи. Особливості реакції рослин конопель посівних на несприятливі фактори середовища розкриті в наведених дослідженнях.

4.1. Функціональна діагностика сортів конопель до умов посухи

Природні умови північного сходу України сприятливі для росту й розвитку конопель посівних (*Cannabis sativa* L.). Однак негативними чинниками літнього періоду для вирощування цієї культури останніми роками є: посуха, представлена компонентами – атмосферним, ґрунтовим, а також нестійкий режим природного зволоження і нерівномірний розподіл опадів упродовж вегетації [2]. Одним із способів протистояння посусі є підвищення посухостійкості рослин – сформованої в процесі еволюції або штучного відбору здатності рослинного організму пристосовуватися до дії засухи та розвиватися і відтворюватися за таких умов погоди [3]. Тому визначення адаптивної спроможності сортів конопель посівних до посухи, оцінка їх чутливості до неї є одним із найважливіших завдань.

Наявну нині проблему з вивчення сучасних сортів конопель посівних до стійкості їх рослин до дії засухи з метою визначення найбільш стійких до посухи, а також всебічного вивчення комплексу показників фотохімічних і фотофізичних процесів у хлоропластах листків цієї культури у спеціальній літературі як вітчизняних науковців, так і близького зарубіжжя не розкрито, інформація про такі дослідження відсутня. Можна констатувати, що такі дослідження не проводили, що свідчить про актуальність предмета наукових досліджень.

Останнім часом в екологічному моніторингу для аналізу стану зелених рослин все ширше використовують метод Каутського [4], що ґрунтується на взаємозв’язку змін інтенсивності флуоресценції хлорофілу з фотосинтетичними реакціями в хлоропластах листків [5, 6].

Флуоресценція хлорофілу та її індукційні зміни легко реєструвалися, що дозволило створити портативні прилади для визначення функціонального стану рослин у польових умовах [7, 8].

Функціональний стан рослин оцінювали аналізуючи індукційні зміни флуоресценції хлорофілу листків із використанням портативного

хронофлуорометра «Флоратест», що дозволяло контролювати роботу фотосистеми 2 (ФС II) хлоропластів [9].

Зміна інтенсивності флуоресценції у 8 сортів конопель посівних, які інтродукують на дослідних ділянках Інституту луб'яних культур НААН України, показано на графіках (рис. 4.1). Показник F_o (рівень флуоресценції хлорофілу, що випромінюється комплексами ФС II з «відкритими» реакційними центрами) залежить від втрат енергії збудження при її міграції по пігментній матриці світлозбиральних комплексів [10].

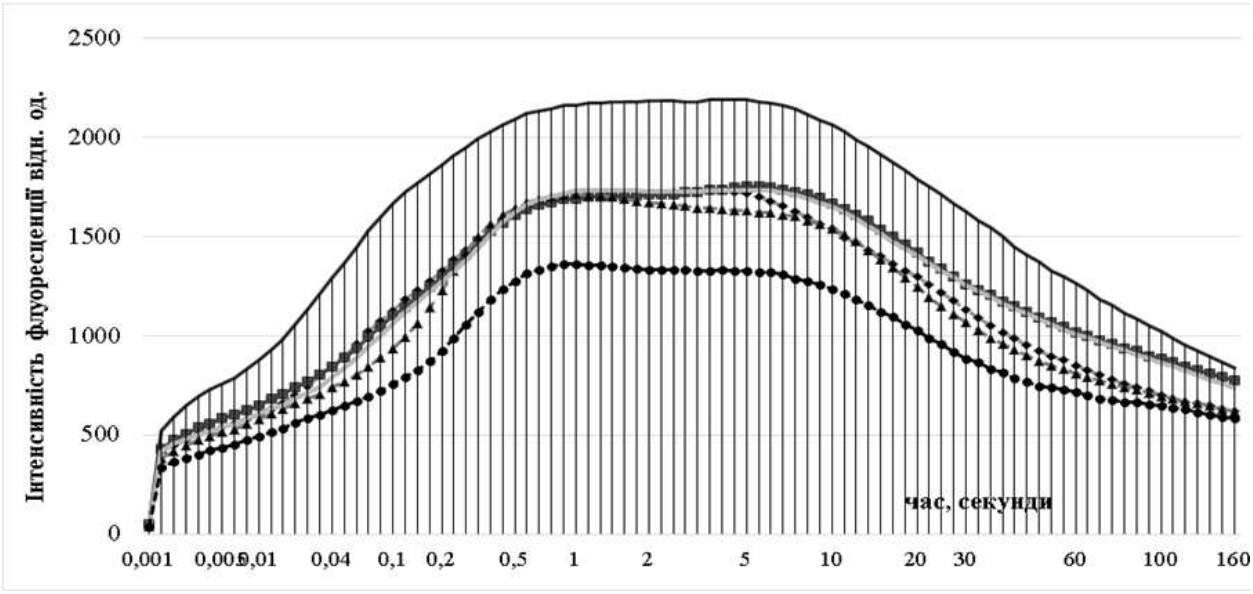


Рис. 4.1. Індукційні зміни флуоресценції хлорофілу листків коноплі, серпень 2017 р. (середнє по 3–5 листках):

- Глесія
- Гляна
- Глухівські 51
- Золотоніські -15
- Глухівські 85
- -Миколайчик

Усі рослини конопель посівних у серпні мають незначну інтенсивність F_o, в межах 360–590 відн. од., що в 3,7–4,1 раза менше, ніж в основному максимумі індукційної кривої (F_{p1}). Останнє свідчить про незначну частку хлорофілу, який не бере участі у фотосинтезі. Значення флуоресценції на рівні F_{pL} опосередковане швидким насиченням енергією реакційних центрів ФСII, які не відновлюють первинний акцептор Q_a, що характеризує їх як неактивні.

Наростання флуоресценції від F_o до F_{pL} визначається показником ΔF_{pL} і в нашому експерименті він був на рівні 170–290 відн. од.

Вважають, що за насичуючого фотосинтезу рівня освітленості (300–600 Вт/м^2) співвідношення $\Delta F_{pL}/F_v$ визначає частку Q_a, які не відновлюють реакційні центри. При цьому воно досить незначне, оскільки F_P, а з ним і F_V насичується при значно вищий інтенсивності збуджуючого світла, ніж F_{pL}. У нашому експерименті рівень інтенсивності збуджуючого світла був на порядок нижчим, і тому інтенсивність флуоресценції на рівні F_{pL} зіставна з $F_{P.}$. Отже, співвідношення $\Delta F_{pL}/F_V$ буде набагато більшим, ніж за насичуючого світла. Проте за таких умов проведення експерименту цей показник з більшою ефективністю може характеризувати рівень зараження рослин патогенами вірусної природи. За даними вірусологів Кирика М. М., Таранухо Ю. М. [11], перевищення рівня $\Delta F_{pL}/F_v$ 0,45 (за низької інтенсивності збуджуючого світла) свідчить про високу імовірність ураження рослин вірусною інфекцією. У нашому досліді $\Delta F_{pL}/F_V$ було в межах 0,11–0,24, що є настільки малим, що може бути безумовною ознакою відсутності вірусної інфекції в дослідних зразках (рис. 4.2). Однак збільшення частки неактивних реакційних центрів може відбуватися і під впливом абіотичних чинників.

У посівах конопель посівних із густотою у 1,0 млн/га середня маса однієї рослини бур’янів повторного забур’янення становила за роки проведення досліджень 9,0 г/рослину, або 73,8 % від величини накопичення маси бур’янами на ділянках з густотою 0,5 млн шт/га.

Якщо у посівах рослин культури з мінімальною густотою (0,5 млн шт/га) бур’яни повторного забур’янення формували в середньому масу на одну рослину 12,2 г, або 100 % (середня маса рослини бур’янів незалежно від видового складу забур’яненості), то з підвищенням показників оптичної щільності посівів конопель посівних змінювалась і інтенсивність потоку світла, насамперед енергії ФАР, що доходила до ярусу посівів, який розміщений біля поверхні ґрунту. Із погіршенням рівня освітленості листків молодих сходів

рослин бур'янів знижувалась і їх здатність засвоювати енергію сонячних променів і формувати органічні речовини.

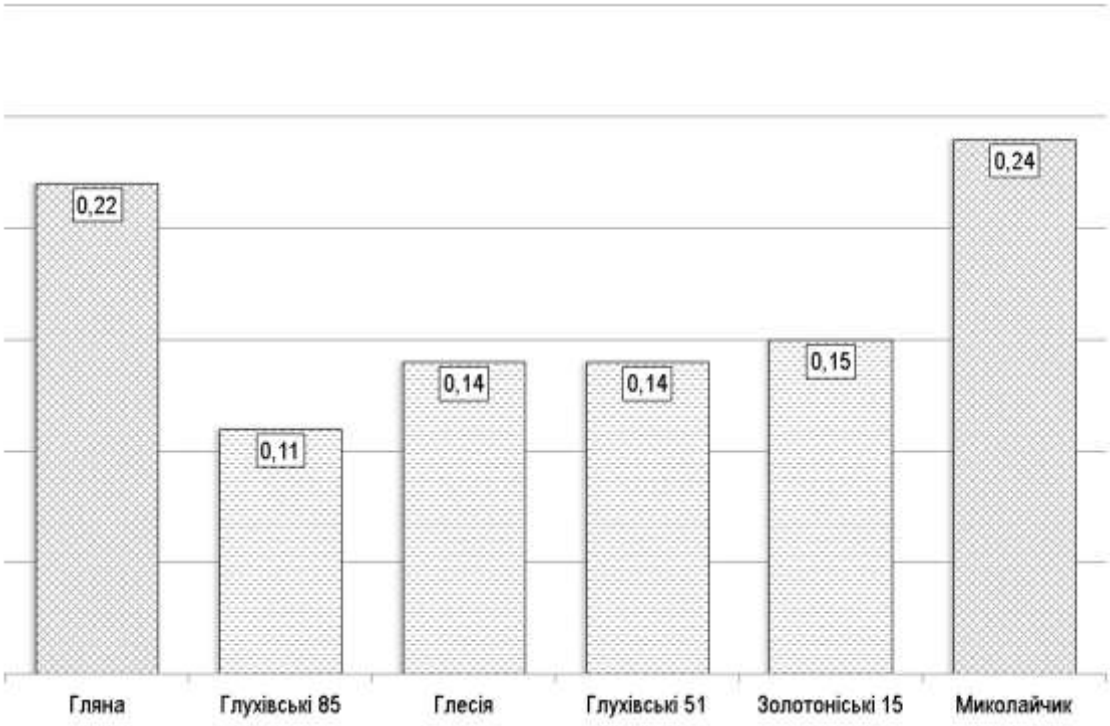


Рис. 4.2. Вплив посухи на відносний вміст неактивних реакційних центрів ФС II, коефіцієнт K_{pL}, 2015-2017 рр.

Зазначимо, що найвище значення K_{pL} було зафіксовано у рослин сорту Миколайчик – 0,24, сорту Гляна – 0,22. Найменші значення у рослин сорту Глухівський 85 – 0,11, сортів Глесія та Глухівський 51 по 0,14.

Отже, показник K_{pL} дозволяє оцінити вплив посухи на рівень пошкодження реакційних центрів хлоропластів листків конопель посівних. Його низькі значення свідчать про достатньо високу стійкість рослин конопель до посухи.

Параметр F_P характеризує найбільший рівень флуоресценції хлорофілу *a*, що фіксується на індукційній кривій. За умов насичуючої інтенсивності світла максимальне значення флуоресценції обумовлене динамічною рівновагою між процесами флуоресценції, фотохімії і теплової дисипації. Вважають, що у точці F_p за максимального рівня флуоресценції фотосинтез знаходиться на

мінімальному рівні [12]. Для рослин конопель посівних у серпні він знаходиться у межах 1360-2170 відн. од. Цей параметр найбільш варіабельний, що обумовлено адаптивними змінами у структурі пігментного комплексу відповідно до інтенсивності випромінювання. За недостатньої інсоляції, що зумовлено потужним листковим покривом, відбувається збільшення як світлозбиральних, так і антенних хлорофілів, останнє супроводжується зростанням рівня F_p особливо у сортів Глухівський 85 і Глухівський 51. Найменша амплітуда F_p зареєстрована у сорту Миколайчик. Останнє зв'язано з архітектонікою та розмірами рослин. При цьому коефіцієнт індукції K_1 змінюється (залежно від сорту) лише від 0,73 до 0,75, що свідчить про високу стійкість до посухи структурно-функціональної організації супрамолекулярних комплексів реакційних центрів фотосистеми 2 (ФС II) в усіх сортів конопель посівних (рис. 4.3).

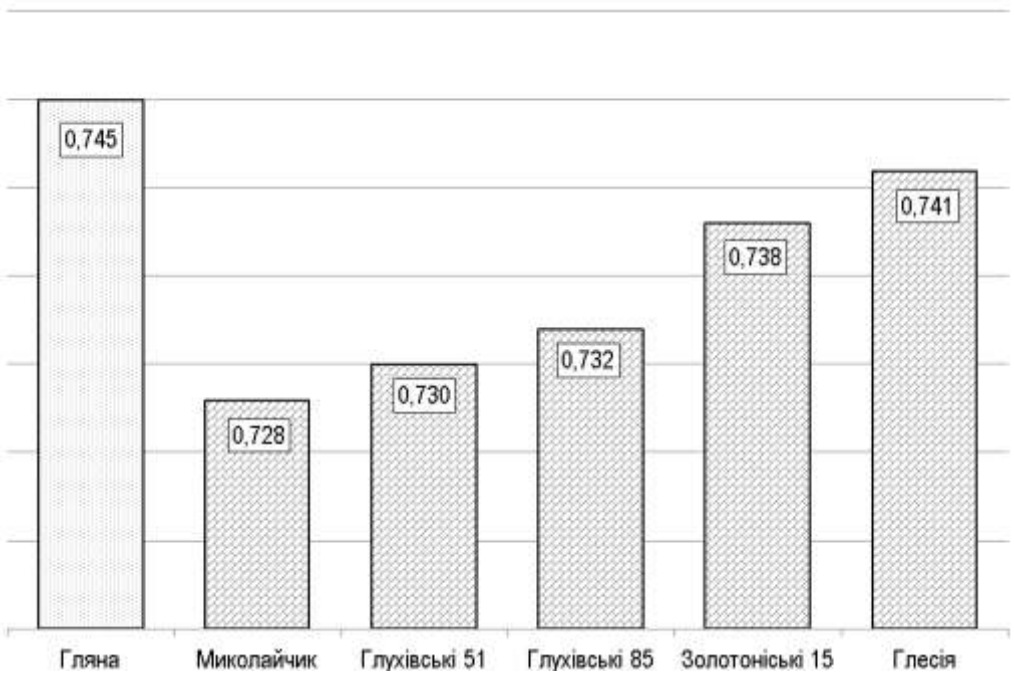


Рис. 4.3. Вплив посухи на ефективність світлової фази фотосинтезу та електронного транспорту поблизу реакційних центрів фотосистеми 2 , коефіцієнт K_i, 2015-2017 рр.

Поява другого максимуму на індукційній кривій (який часто називають М-піком) пов'язана зі збільшенням споживання АТФ у процесі індукції циклу Кальвіна, що призводить до тимчасової релаксації градієнта протонів у тилакоїдній мембрані хлоропластів (ΔpH), а також до зниження нефотохімічного гасіння флуоресценції [13]. Низка авторів вважає, що індукція циклу Кальвіна, як і амплітуда піка М, залежить від концентрації поновленого НАДФ+, який визначається доступністю та рівнем фотосинтетичної фіксації CO_2 [14, 15].

У нашому випадку інтенсивність флуоресценції у другому максимумі змінюється від 1333 до 2187 відн. од. (рис. 4.4). Вважають, що в умовах недостатньої освітленості інтенсивність параметра F_M *(М-пік)* може бути вищою за F_P. У наших дослідженнях зареєстровано перевищення F_M над параметром F_P, для сортів Глухівський 85, Глухівський 51 та Глесія. При цьому, незважаючи на потужний листковий апарат рослин конопель посівних, інтенсивність Р-максимуму нижча за інтенсивність М-піка лише на 1–2%, що свідчить про достатнє освітлення рослин, які досліджують.

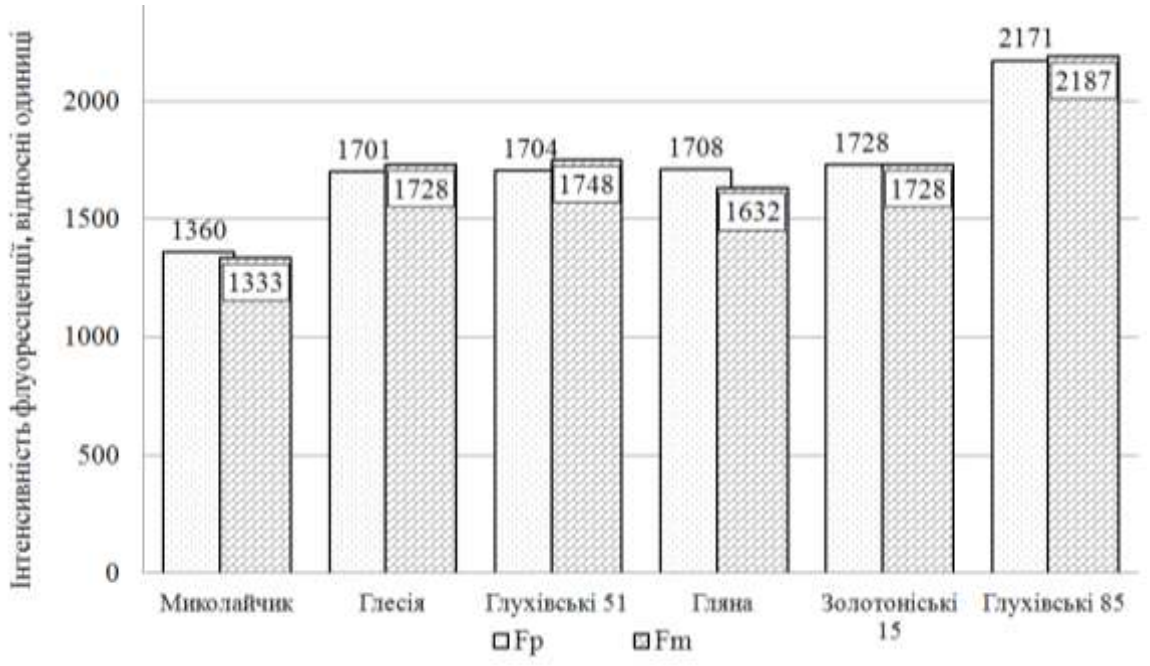


Рис. 4.4. Інтенсивність флуоресценції сортів конопель, коефіцієнти F_P та F_M, 2015–2017 рр.

Зменшення флуоресценції від F_M супроводжується зростанням інтенсивності фотосинтезу, активацією основного ферменту циклу Кальвіна, рибулозобісфосфаткарбоксилази [16, 17].

Інтенсивність спаду флуоресценції до рівня F_t характеризується коефіцієнтом *RFD*, який отримав також назву індексу життєздатності [18, 19]. У нашому досліді визначено, що в умовах посухи цей коефіцієнт змінюється від 1,67 до 2,10 (рис. 4.5).

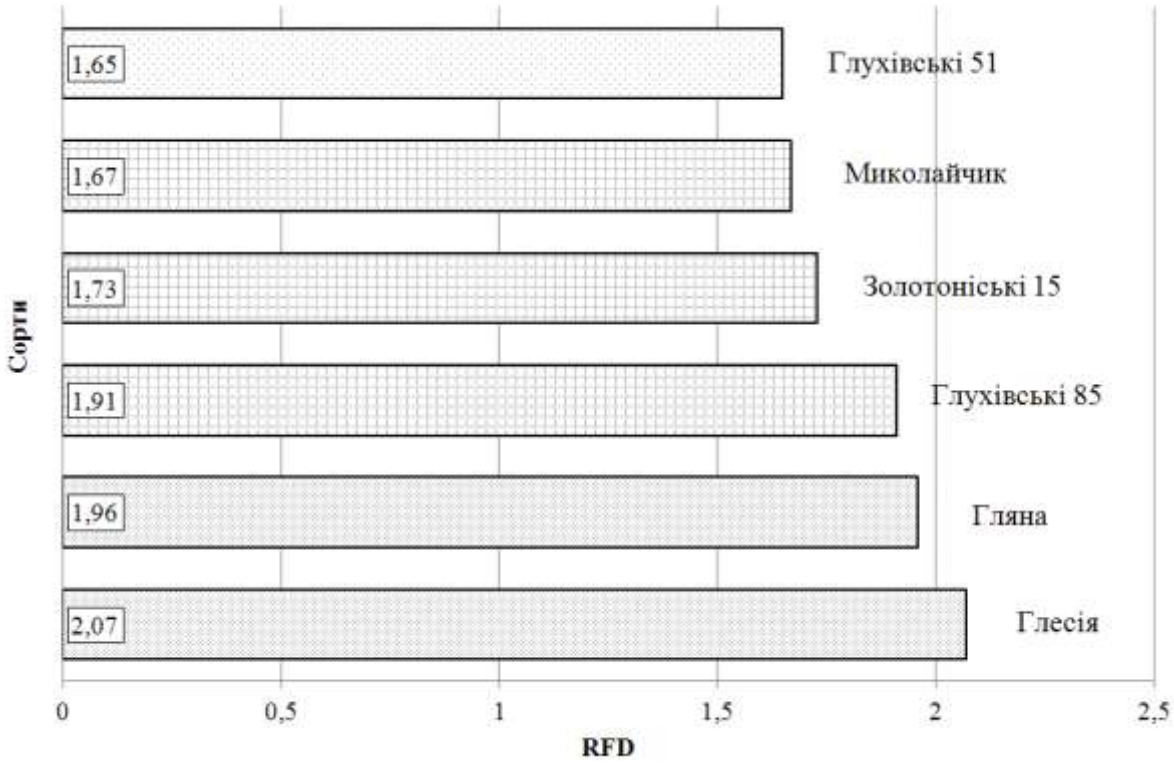


Рис. 4.5. Інтенсивність спаду флуоресценції, коефіцієнт *RFD*, 2015–2017 рр.

Найвищий коефіцієнт *RFD* визначено у сорту Глесія – 2,07, найменші у сортів Глухівський 51 – 1,65 та Миколайчик – 1,67.

Отже, за комплексом досліджених показників фотохімічних і фотофізичних процесів у хлоропластах листків установлено, що як найбільш стійкий до посухи виділяється сорт Глесія, а найменша стійкість визначена у рослин сорту Миколайчик.

4.2. Рівень водного дефіциту тканин листків залежно від сорту

У зв’язку з глобальним потеплінням стає актуальним вивчення адаптації рослин до зміни клімату, стійкості їх до нестачі вологи та до високих температур.

Як відомо, вода у живих організмах, зокрема і в рослинах, виконує багато функцій, до того ж вода є унікальним розчинником. Специфічна будова молекули води дозволяє притягувати до себе речовини, що розчиняються як у полярних, так і неполярних розчинниках. Саме тому всі органічні системи життя на планеті існують на основі води. Вода як унікальний розчинник забезпечує всі біохімічні реакції, що здатні проходити між речовинами лише у розчиненому стані. Вода сама є важливим хімічним реагентом у процесах обміну речовин і їх біохімічної трансформації (реакції гідролізу, синтезу тощо).

Вода завдяки високій теплоємності є універсальним терморегулятором у живих системах, зокрема і в рослинах конопель посівних (процеси транспірації). Вода виконує дуже важливу в обміні речовин транспортну функцію як у стромі хлоропластів, так і в цитоплазмі клітин, у тканинах і між головними частинами рослин та у системі відносин із навколишнім середовищем. Наприклад, активний обмін речовин між кореневими волосками коренів рослин культури і ризобіальним комплексом мікроорганізмів, що живуть у симбіозі з рослинами-продуцентами у ґрунті. Такий обмін відбувається лише за наявності необхідної кількості води як у цитоплазмі кореневого волоска, так і ґрунтового розчину, через який відбувається взаємообмін. Саме вода забезпечує підтримання необхідного просторового розміщення біологічних мембран ендоплазматичної сітки і органоїдів, створює оптимальний осмотичний тиск у цитоплазмі і тканинах рослин.

Вода у цитоплазмі клітин є не просто налитою рідиною, це складна структурована система колоїдів, що взаємодіють між собою, формують відповідне середовище для здійснення дуже тонких і складних біохімічних реакцій як анаболізму, так і катаболізму.

Водні режими та їх особливості у клітинах, тканинах і частинах рослин є важливим напрямом проведення біохімічних і фізіологічних досліджень сучасної науки. Відповідно водний дефіцит як на рівні цілих рослин, так і на рівні тканин здатний індукувати відповідні дис-стреси. Усі вищі рослини, і коноплі посівні зокрема, мають відповідні механізми збереження і утримання в тканинах і клітинах життєво необхідної кількості води.

Процеси захисту від обезводнення мають різні рівні організації і біохімічні механізми. Один із перших відбувається на рівні рослин як цілісного організму. Рослини конопель посівних, особливо їх надземна частина, вкриті захисними покривами з клітин епідермісу, що щільно з'єднані між собою і не мають пропусків. Внутрішній об'єм рослини ізольований від зовнішнього середовища, і обмін речовин регульований за допомогою клітин продихів.

На поверхні епідермісу формується захисний шар кутикули, що містить епікутикулярні воски. На перших етапах вони м'які (аморфні), проте швидко трансформуються у кристалічні (тверді). Епікутикулярні воски посилюють захисну функцію епідермісу, вони погано змочуються водою і не пропускають газів. Через шар восків і епідерміс випаровується в середньому в 100 разів менше води порівняно з кількістю, що надходить в атмосферу через відкриті продихи у процесі транспірації. У результаті прямого сонячного освітлення, сухої погоди і вітру рослини формують шар епікутикулярних восків у 2,5–3,0 рази товщим порівняно з шаром, що розвивається за дощової погоди.

Відомо, що життєві процеси в рослин, як і в інших організмів, відбуваються у водному середовищі. Вода необхідна для підтримки структурної цілісності біологічних молекул і відповідно клітин, тканин і всього організму. Її фізіологічне значення визначається багатьма властивостями. Вона є розчинником і середовищем, в якому відбуваються переміщення речовин та їх обмін, а її висока теплоємність сприяє стабілізації температури рослин [20].

Дефіцит вологи в рослин впливає на такі процеси, як поглинання води, кореневий тиск, фотосинтез, дихання, транспірація, ріст і розвиток тощо. Дія

водного дефіциту на метаболічні процеси значною мірою залежить від її тривалості. В умовах посухи знижується вміст білків у листках, а також спостерігається зменшення кількості всіх форм цукрів [4]. Посушлива погода викликає зниження приросту коренів, послаблення розвитку листового апарату, а також порушення асиміляції CO_2 та зменшення накопичення запасних поживних речовин. Низка авторів відмічає, що нестача вологи у ґрунті і високі температури пригнічують фотосинтез і спричиняють також функціональні захворювання [21, 22].

Деякі науковці відмічають, що в екстремальних умовах змінюються не тільки ростові процеси в рослинах, а й посилюються анатомічні зміни в окремих органах і тканинах, у мембранах клітин. Крім того, змінюється стан пластидного апарату в листках і пагонах, а також донорно-акцепторна взаємодія поблизу реакційних центрів фотосистем. У кінцевому підсумку це впливає на перебіг фотосинтетичних процесів [23, 24].

У тканинах листків та інших надземних частин рослин конопель посівних клітини теж мають механізми, що захищають цитоплазму від втрати води. Таких механізмів декілька. Серед них найбільш важливу роль відіграють системи колоїдів на основі білків, різних форм вуглеводів (насамперед цукрів), органічних і мінеральних сполук, що містять у своєму складі атоми калію (К) і частково натрію (Na). Сполуки калію і натрію як лужні метали проявляють високу гідрофільність і здатність утримувати біля себе молекули води. Саме таку властивість лужних металів і використовують рослини конопель посівних для утримання необхідних обсягів води у клітинах [25].

У дослідженнях оцінки рівня водного дефіциту і здатності тканин листків конопель посівних утримувати воду були використані рослини тих самих сортів культури, що були і в попередніх дослідженнях.

Морфологічні і біохімічні особливості рослин у наборі сортів культури проявляли неоднакову здатність утримувати воду у тканинах листків. Як відомо, основними видами тканин, що заповнюють внутрішній простір

листкових пластинок, є губчаста і стовпчаста (палісадна) хлоренхіма (паренхіма зеленого кольору, що містить у своїх клітинах хлоропласти з хлорофілом) [26].

Уже через дві години експозиції зразки тканин листкових пластинок втрачали частину води, що була в клітинах. Найбільше зниження рівня вологості тканин було зафіксоване у зразків конопель посівних сорту Глухівські 51. Зниження становило 23,6% від попередньої ваги зразків (рис. 4.6). Це означає, що тканини листків цього сорту мають низьку стійкість до водного дефіциту і слабко утримують воду в цитоплазмі клітин.

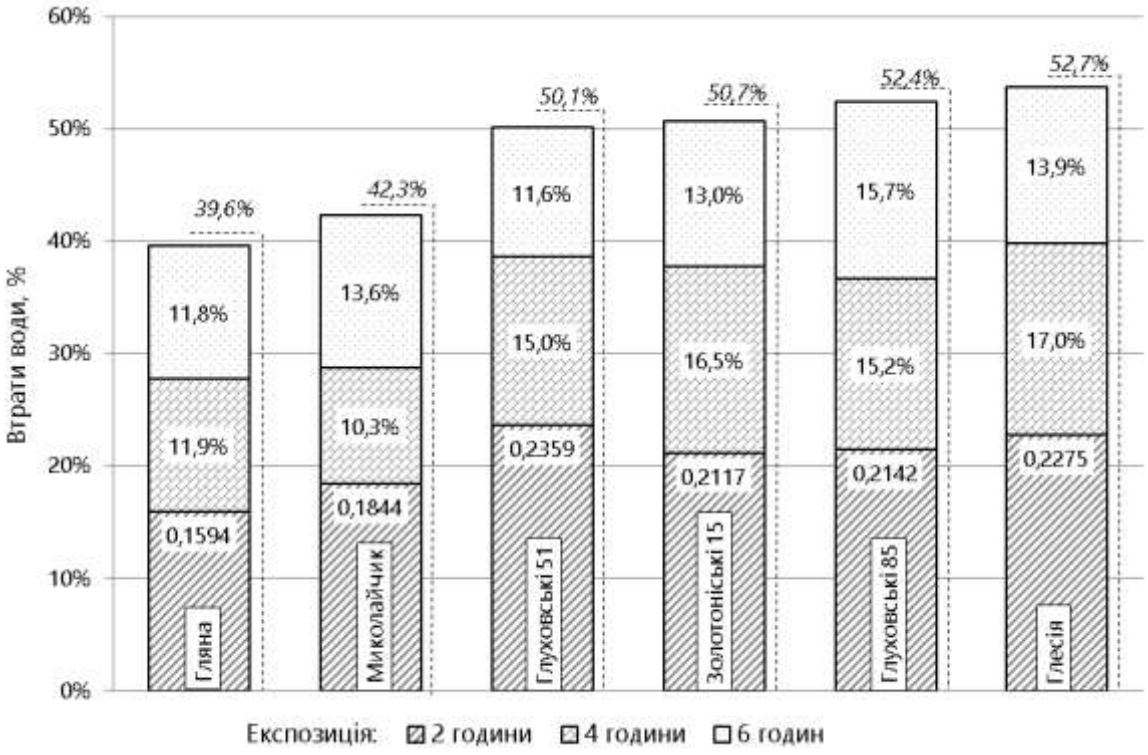


Рис. 4.6. Динаміка втрати води із листкових пластинок різних сортів конопель, 2015 – 2017 рр.

Водночас зразки тканин листкових пластинок у рослин конопель посівних сорту Гляна за експозицію упродовж двох годин знижували свою вагу лише на 15,9 %. Порівняно з інтенсивністю максимальних у дослідах втрат води у зразках тканин рослин сорту Глесія, втрати найбільш стійкого до втрат води у зразках сорту Гляна були меншими майже у 1,5 раза. Зразки тканин із листкових пластинок рослин інших сортів проявляли проміжні показники втрат

води упродовж експозиції у дві години. Близькими до максимальних показників втрати вологи були зразки сорту Глесія.

Інтенсивність втрат води тканинами у зразках упродовж досліджень змінювалась. Якщо у найменш стійких до втрат води зразків тканин сорту Глесія втрати ваги за дві години експозиції становили в середньому 22,8 % від ваги зразків, то впродовж наступних двох годин експозиції втрати води зростали на 17,0 % і досягали значення 39,7 %. Це означає, що процес втрати клітинами води уповільнився за наступні дві години.

У зразків тканин із листкових пластинок рослин конопель посівних сорту Гляна (найбільш стійкі до втрат вологи у дослідах) збільшення експозиції до 4 годин призвело до зниження ваги зразків на 27,8 %, тобто на наступні години величина втрат води була 11,9 %. Відповідно інтенсивність втрат води цитоплазмами клітин знизилась порівно з попереднім періодом.

У клітинах зразків із рослин сорту Гляна проявляли дію захисні механізми від втрат вологи.

Продовження експозиції втрат води тканинами зразків листкових пластинок рослин різних сортів, що були використані у дослідженнях до 6 годин, виявило такі закономірності. Зразки тканин із рослин сорту Глесія сумарно втрачали 52,7 % ваги. За період від 4 до 6 годин втрати вологи становили 13,9 %. Правомірно стверджувати, що процес втрати води поступово сповільнювався порівняно з попередніми періодами. Попередні втрати води призводили до підвищення концентрації речовин у цитоплазмах і підвищення осмотичного тиску, що стримувало процеси втрати води. Обезводнені тканини мали клітини у стані водної депресії, які поступово втрачали здатність до продовження функціонування як живі системи.

Зразки тканин із рослин найбільш стійкого до втрат води сорту Гляна в умовах продовження періоду експозиції до 6 годин теж втрачали частину води. Сумарна велична втрат води досягала 39,6 %, тобто за період останніх двох

годин експозиції втрати вологи становили 11,8 %, тобто величина втрат води клітинами тканин була майже на тому ж рівні, що і в попередній відрізок часу.

У клітинах таких зразків із листкових пластинок конопель посівних сорту Гляна механізми захисту цитоплазми від зневоднення працювали більш ефективно. Різниця величини сумарних втрат зразками води між рослинами найбільш чутливого (сорт Глесія) і найбільш стійкого (сорт Гляна) сортів була суттєвою і досягала 13,1 %.

Рослини найбільш стійкого до водного дефіциту сорту Гляна навіть після втрати 17,1 % (у перерахунку на сиру масу листкових пластинок) зберігали здатність до наступного відновлення тургору і продовження вегетації. Рослини найбільш чутливого до водного дефіциту сорту Глесія перебували у стані депресії і частина з них мала незворотні зміни, що закінчувались летальним наслідком.

Зразки тканини з листкових пластинок рослин інших сортів, що були використані у дослідженнях витримувати дефіцит води і проявляли проміжні результати між полюсами показників чутливості, що були проаналізовані. Із проведених аналізів вмісту зелених пігментів у листкових пластинках і здатності утримувати воду в тканинах зразків рослин різних сортів конопель посівних правомірно зробити такі висновки.

4.3. Вміст хлорофілів *a* і *b* у листках рослин сортів конопель

Концентрація хлорофілів у листках є важливою ознакою стану фотосинтетичного апарату, зокрема показником забезпеченості рослини елементами мінерального живлення. Показано, що збільшення доз азоту (до певного рівня) призводить до збільшення кількості зелених пігментів у листках рослин [27]. Зниження вмісту хлорофілів за нормальних умов відбувається під кінець вегетації однорічних рослин і листопадних багаторічників унаслідок природного старіння листкового апарату. У наших дослідах процеси деструкції нижніх та середніх ярусів листків спостерігалися з

початку фази наливу насіння, рис. 4.6. Слід зауважити, що в деяких випадках наявність плодового навантаження може суттєво затримувати процеси деструкції хлорофілу в листках [28].

Нормальним явищем є коливання вмісту хлорофілів у добовому циклі або при чергуванні сонячної та похмурої погоди [29]. Водночас стійке падіння кількості фотосинтетичних пігментів може бути результатом дії стресових чинників на рослинний організм [30].

Коноплі посівні є типовими автотрофними рослинами, яким для росту та розвитку необхідна енергія сонячних променів у процесі фотосинтезу. Листкові пластинки цієї культури є дуже досконалими оптичними системами, які залежно від кута освітлення здатні змінювати своє просторове розміщення і забезпечувати оптимальний рівень процесів фотосинтезу [31, 32].

Процеси фотосинтезу відбуваються у спеціалізованих пластидах – хлоропластах, що на внутрішніх біологічних мембранах мають реакційні центри і спеціалізовані «антени» з молекулами хлорофілів, які вловлюють кванти сонячної енергії ФАР. У рослинах конопель, як і в інших вищих рослин, у хлоропластах наявні кілька форм хлорофілу, передусім хлорофіл – *a* і хлорофіл – *b*.

У листках конопель посівних хлорофілу *a* завжди набагато більше порівняно з наявністю хлорофілу *b*. Співвідношення головних форм хлорофілів у хлоропластах може змінюватись і хлорофілу *b* може бути від 24 до 35% від кількості хлорофілу *a*. Усі форми хлорофілів є своєрідними їх модифікаціями для виконання специфічних функцій і виникають в результаті змін молекул головного з хлорофілів – *a* [33].

Кожна з форм хлорофілів виконує різну роль у процесі фотосинтезу. До реакційних центрів у хлоропластах листків конопель, де відбуваються процеси фотосинтезу і формування органічних речовин, входять лише молекули хлорофілу *a*. До складу спеціальних «антен», що концентрують та передають

електрони збуджених молекул до реакційних центрів, входять молекули хлорофілу *a* і хлорофілу *b* [34].

А



Б



Рис. 4.7. Ділянки ідентифікації сортів за комплексом параметрів фотосинтетичного апарату: А – початок фази бутонізації (червень); Б – початок фази біологічного дозрівання (вересень).

Уся складна оптична система, що містить, крім молекул хлорофілу, ще й молекули цитохромів, пігменти, ферменти, феродоксини та інші речовини, діє дуже узгоджено, швидко і тонко. Зміни рівня освітленості листків призводять до відповідної зміни у структурі різних форм хлорофілів. Посилення рівня затінення листкових пластинок підвищує вміст у хлоропластах молекул хлорофілу ***b,*** який називають «тіньовим хлорофілом». Вигини біологічних мембран у хлоропластах створюють складну просторову структуру органоїдів: ламел, гран, що з'єднані між собою тилакоїдами [35, 36].

Світловий етап процесів фотосинтезу відбувається на мембранах ламел, а тіньовий – у структурованій рідині – стромі, що заповнює хлоропласт. Функціонування оптичної системи листків рослин культури спрямоване на забезпечення максимальної продуктивності процесів фотосинтезу під час вегетації і змін рівня освітленості листків [37, 38].

Коноплі посівні є рослинами, що мають фотосинтез із шляхом C_3. Тобто першою органічною речовиною, яка буде сформована у процесі фотосинтезу, є вуглевод – тріоза, що містить три атоми вуглецю. Наступне поєднання двох молекул тріози призводить до формування глюкози, головного вуглеводу для більшості живих організмів і конопель посівних зокрема. Оптимальна температура, що забезпечує найвищий рівень інтенсивності процесів фотосинтезу в рослин, що мають шлях C_3 є 19–25^{0}C. Відповідно найбільш оптимальною температурою у процесі вегетації для посівів конопель посівних є саме такий температурний діапазон.

Вміст хлорофілів у листкових пластинках конопель посівних упродовж органогенезу рослин змінюється. Від появи сходів рослин культури на поверхні ґрунту в надземних частинах розпочинається процес формування і поступове підвищення концентрації хлорофілів. Максимальних показників концентрації суми хлорофілів у листкових пластинках рослини конопель посівних досягали на етапах бутонізації і цвітіння (віргінальний та генеративний етапи органогенезу). Наприклад, у рослин сорту Глесія максимальний вміст суми

хлорофілів у такі етапи росту і розвитку досягав 3,08 мг/г або перевищував середні показники на 22 % (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Вміст хлорофілів у листках сортів конопель за фазами розвитку, 2015–2017 рр.

Сорти	Хлорофіли, мг/г				Хлорофіли, мг/дм^2			
	а+в	а	в		а+в	а	в	
			мг/г	%			мг/г	%
фаза цвітіння								
Глесія	3,08	2,26	0,82	26,6	2,54	1,87	0,68	26,8
Глухівські 51	4,30	3,00	1,30	30,2	3	2,1	0,9	30,0
Глухівські 85	2,62	1,80	0,82	31,3	1,83	1,26	0,57	31,1
Гляна	4,86	3,52	1,34	27,6	2,74	1,99	0,75	27,4
Золотоніські 15	3,83	2,68	1,16	30,3	2,93	2,04	0,88	30,0
Миколайчик	3,59	2,56	1,03	28,7	3,2	2,28	0,91	28,4
$НІР_{0,05}$	0,622	0,431	0,182		0,403	0,311	0,104	
фаза технічної стиглості								
Глесія	3,05	2,27	0,78	25,6	2,45	1,85	0,6	24,5
Глухівські 51	4,21	2,95	1,26	29,9	3,05	2,16	0,89	29,2
Глухівські 85	2,64	1,86	0,78	29,5	1,9	1,32	0,58	30,5
Гляна	4,88	3,48	1,4	28,7	2,64	1,925	0,71	26,9
Золотоніські 15	3,86	2,74	1,12	29,0	3,06	2,2	0,86	28,1
Миколайчик	3,45	2,52	0,93	27,0	3,11	2,24	0,87	28,0
$НІР_{0,05}$	0,216	0,318	0,985		0,276	0,581	0,458	
фаза біологічної стиглості								
Глесія	1,44	1,36	0,08	5,6	1,19	0,97	0,22	18,5
Глухівські 51	2,5	2,1	0,4	16,0	1,26	1,2	0,06	4,8
Глухівські 85	1,05	0,9	0,15	14,3	0,66	0,36	0,3	45,5
Гляна	3,06	2,62	0,44	14,4	1,24	1,09	0,15	12,1
Золотоніські 15	2,04	1,78	0,26	12,7	1,23	1,14	0,09	7,3
Миколайчик	1,79	1,66	0,13	7,3	1,42	1,38	0,04	2,8
$НІР_{0,05}$	0,401	0,586	0,792		0,324	0,515	0,308	

Після генеративного етапу органогенезу (у сенільному етапі) концентрація хлорофілів у листках поступово зменшувалась.

На показники концентрації хлорофілів впливає і місце розміщення листкових пластинок на рослинах конопель у посівах. Величина суми хлорофілів у листках, що розміщені на висоті 40 см нижче від верхівки і на один метр нижче від верхівки, є близькою.

Проте у листках, що розміщені на глибині 1 м від верхівки, наявність і концентрація хлорофілу *b* були вищими порівняно з концентрацією у листках із верхнього ярусу посівів на 19 % і досягали в середньому 0,98 мг/г (рис. 4.8).

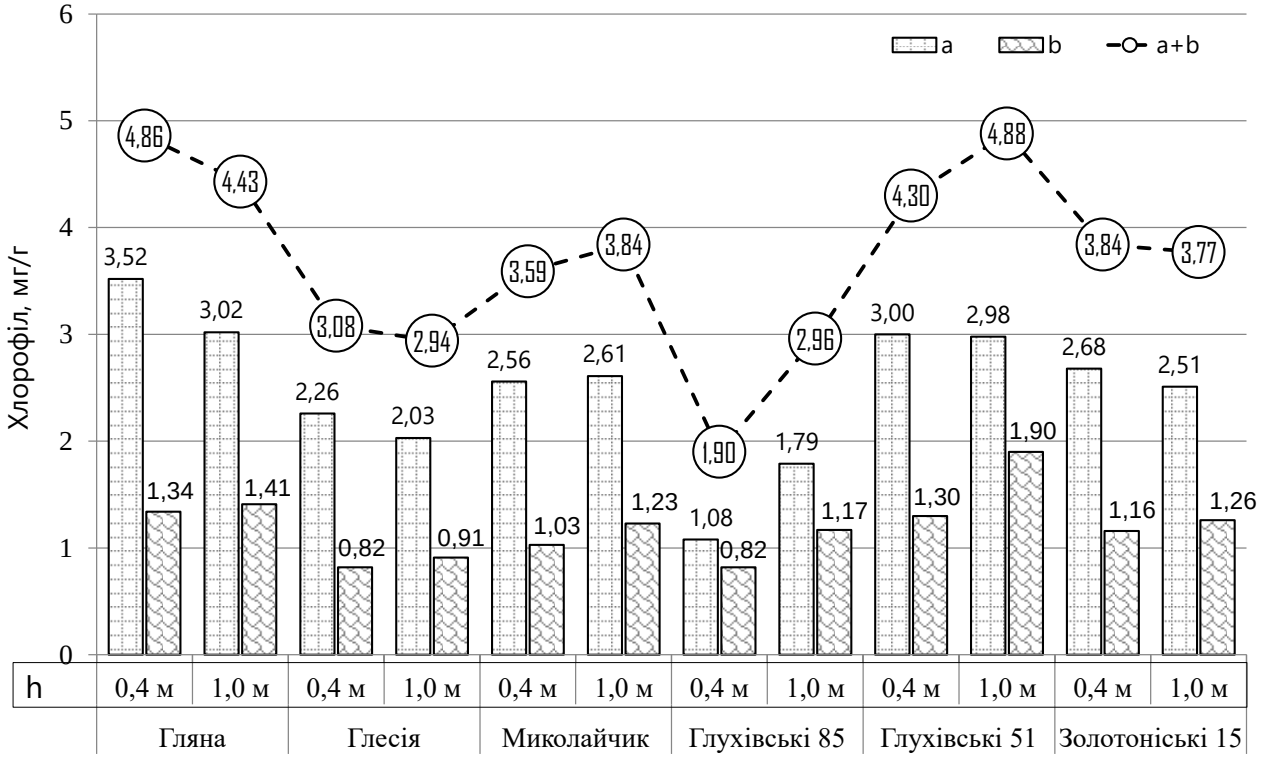


Рис. 4.8. Ярусна структура вмісту хлорофілів у листках конопель залежно від сорту, 2015–2017 рр.

Відповідно наявність хлорофілу *a* у таких листках була меншою. Загальна сума хлорофілів у листках рослин, що розміщені на глибині одного метра від верхівок рослин культури у посівах, становила в середньому 3,02 мг/г, або 98,1 % від показників у листках біля верхівки.

Зміни співвідношення різних форм хлорофілів є результатом змін інтенсивності світлового потоку (передусім енергії ФАР) на різній оптичній глибині посівів. Ослаблення світлового потоку в результаті взаємного затінення рослин призводить до відповідної компенсаційної реакції у рослин культури збільшенням частки хлорофілу *b* у хлоропластах.

Анатомічна будова листків рослин конопель посівних впливає на вміст хлорофілів у листкових пластинках. Найбільша концентрація хлоропластів (майже 80 % об'єму цитоплазми клітин у стовбчастій хлоренхімі займають хлоропласти) розміщена у верхній частині листкових пластинок. Це тонкий шар, що становить не більше кількох десятків клітин, що мають видовжену вертикальну форму і щільно розміщені одна біля одної. Основну частину внутрішнього простору листкових пластинок, крім судинно-волокнистих пучків (жилок), займає губчаста хлоренхіма, що має відносно великі клітини, які теж містять хлоропласти, проте їх концентрація набагато менша порівняно зі стовпчастою. До того ж у губчастій хлоренхімі є велика кількість пустот і повітряних ходів, що дозволяє повітрю атмосфери, яке містить вуглекислий газ, (CO_2) через продихи (переважно з нижнього боку листкових пластинок) і продихові дворики легко дифундувати до клітин, де відбуваються процеси фотосинтезу.

Відповідно на одиницю поверхні листкових пластинок (дециметр квадратний) середня кількість суми хлорофілів у рослин сорту Глесія упродовж вегетаційного періоду становила 2,54 мг/дм^2. Серед них хлорофіл *a* становив 1,87 мг/дм^2, або 73,6 % від загальної кількості. Хлорофіл *b* мав концентрацію 0,68 мг/дм^2, або 26,4 % відповідно (див. табл. 4.1).

На показники вмісту хлорофілів у листкових пластинках конопель посівних суттєво впливають і сортові особливості рослин культури. Проведені аналізи концентрації хлорофілу *a* у листках сортів конопель, що були об'єктами досліджень, виявили суттєву різницю показників.

Серед 8 сортів найбільша середня концентрація хлорофілу *a* у фазу цвітіння була зафіксована у листках рослин сорту Гляна 3,52 мг/, найменша 1,8 мг/г у листках рослин сорту Глухівські 85 у цей самий період розвитку.

Відповідно найбільша концентрація у листкових пластинках хлорофілу *b* 1,34 мг/г була зафіксована у рослин сорту Гляна. Найменша кількість хлорофілу *b* 0,77 мг/г серед сортів конопель посівних, що були використані у дослідах, відмічена у листкових пластинках сорту Глесія.

Сума хлорофілів *a* і *b* у листкових пластинках різних сортів найбільшою була у період цвітіння рослин сорту Гляна – 4,86 мг/г, найменша відповідно у сорту Глухівські 85 – 2,62 мг/г.

Концентрація хлорофілів на одиницю площі поверхні листкових пластинок рослин конопель посівних у різних сортів була неоднаковою. Найбільші показники концентрації хлорофілу *a* – 2,28 мг/дм^2 були у рослин сорту Миколайчик, що може бути пояснене специфікою анатомічної будови хлоренхіми листкових пластинок і різним рівнем розвитку губчастої хлоренхіми.

Найменша концентрація хлорофілу *a* на одиницю площі була зафіксована у рослин сорту Глухівські 85 і становила 1,26 мг/дм^2.

Відповідно концентрація в листкових пластинках хлорофілу *b* на одиницю площі була найбільшою у рослин сорту Миколайчик – 0,91 мг/дм^2, а найменшою – 0,55 мг/дм^2 у рослин сорту Глесія у фазу цвітіння.

За показниками концентрації суми хлорофілів *a* і *b* на одиницю площі листкових пластинок найвищі показники 3,2 мг/дм^2 були зафіксовані у рослин сорту Миколайчик, а найменші відповідно у рослин сорту Глухівські 85, де концентрація становила 1,83 мг/дм^2. Різниця показників концентрації суми хлорофілів у рослин різних сортів досягала 42,8 %, тобто була достовірною.

Співвідношення кількості хлорофілу *a* і хлорофілу *b* у листкових пластинках рослин різних сортів конопель посівних теж суттєво відрізнялись. Найбільша різниця була зафіксована у сорту Глесія. На одну молекулу

хлорофілу *b* хлоропласти рослин такого сорту мали у 4,3 раза більше молекул хлорофілу ***a***. Найменше співвідношення між хлорофілами було відмічене у листкових пластинок рослин сорту Глухівські 85, де на одну молекулу хлорофілу *b* у хлоропластах було 1,83 молекули хлорофілу *a*.

Проведені аналізи вмісту хлорофілів у листкових пластинках рослин колекції сортів конопель посівних показують, що використані у дослідах сорти мають суттєві відмітності як на рівні анатомічної будови, так і процесів біохімізму. Такі відмінності проявляються не лише в апараті фотосинтезу, а й у реакціях обміну речовин, зокрема водному балансі на рівні тканин у рослин культури.

Висновки до розділу

- Встановлено, що за комплексом показників фотохімічних і фотофізичних процесів у хлоропластах листків як найбільш стійкий до посухи виділявся сорт Глесія, а найменша стійкість за всіма параметрами визначена у рослин сорту Миколайчик.

- За результатами аналізів встановлено, що найвищий рівень потенційної жаростійкості за показником фотофізичних процесів у хлоропластах мають сорти Глесія та Гляна, показники RFD яких становлять 2,07 та 1,96 відповідно. Останній сорт має найвищі показники водоутримуючої здатності клітин. Втрата води із клітин цього сорту через 6 годин не перевищує 40 %.

- Визначено значення та діапазон вмісту хлорофілу у різних сортах конопель, а саме 2,6 – 4,9 мг/г або 1,8 – 3,2 мг/дм^2 листкової поверхні. Максимальну частку «тіневитривалого» хлорофілу b мають сорти Глухівські 85, Золотоніські 15 та Глухівські 51 – 31,3; 30,3 та 30,2 % відповідно. Найвищу концентрацію хлорофілу b у нижньому ярусі листків – 1,9 мг/г або 38,9 % від загальної кількості має сорт Глухівські 51.

- Доведено, що у процесі оцінки і вибору конопель для вирощування у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах доцільно враховувати морфологічні, анатомічні та біохімічні особливості сортів культури.

Список використаних джерел

1. Іващенко О. О. Енергія сонця і бур’яни : монографія. К. : Колобіг, 2011. 134 с.

2. Кабанець В. М., Китаєв О. І., Кривошапка В. А. Функціональна діагностика адаптованості рослин Cannabis до умов посухи. *Зрошуване землеробство* : міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. Вип. 68. С. 17–22.

3. Генкель П. А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М. : Наука, 1998. 280 с.

4. Kautsky H., Hirsch A. Neue Versuche zur Kohlensäureassimilation. *Naturwissenschaften.* 1931. Vol. 19, Issue 48. S. 964.

5. Карапетян Н. В., Бухов Н. Г. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений. *Физиология растений*. 1986. Т. 33, № 5. С. 1013–1026.

6. Chlorophyll fluorescenceas a diagnostictool : basics and someaspects of practical relevance / U. Schreiber, W. Bilger, H. Hormann, C. Neubauer. In *Photosynthesis: a comprehensive treatise.* A.S. Raghavendra ed., Cambrige University Press, 1998. P. 320–336.

7. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу. Методичні вказівки для студентів біологічного факультету / О. В. Брайон та ін. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. 15 с.

8. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. К. : Альтерпрес, 2002. 188 с.

9. Китаєв О., Клочан П., Романов В. Портативний хронофлуорометр для експрес-діагностики фотосинтезу «Флоратест». зб. доп. конф. – *звіту з комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України у галузі сенсорних систем та технологій*, 2–3 лютого 2005 р. Київ, 2005. С. 59.

10. Direct analysis of cannabis samples by desorption atmospheric pressure photoionization-mass spectrometry / T. J. Kauppila, A. Flink, U. M. Laakkonen, L. Aalberg, R. A. Ketola. *Drug Test Anal*. 2013. Vol. 5(3). P. 186–190.

11. Діагностика вірусної інфекції смородини чорної та малини методом індукції флуоресценції хлорофілу листків / М. М. Кирик та ін. *Вісник аграрної науки* : зб. наук. праць. 2011. Вип. 10. С. 26–28.

12. Kautsky H., Hirsch A. Das Fluoreszenzverhaltengruner Pflanzen. *Biochem Z.* 1934. Vol. 274. P. 422–434.

13. Walker D. A. Secondary fluorescence kinetics of spinach leaves in relation to the onset of photosynthetic carbon assimilation. *Planta*. 1981. Vol. 153. P. 273–278.

14. Bukhov N. G., Boucher N., Carpentier R. The correlation between the induction kinetics of the photoacoustic signal and chlorophyll fluorescence in barley leaves is governed by changes in the redox state of the photosystem II acceptor side. A study under atmospheric and high CO_2. *Can. J. Bot*. 1997. Vol. 75. P. 1399–1406.

15. Alderfer R. G. Anteraction of solar radiation wath plant systems. *Solar Energy*. 1993. Vol. 15. P. 77–82.

16. Lazár D. Chlorophyll a fluorescenceinduction. *Biochim. Et Biophys. Acta.* 1999. Vol. 1412 № 1. P. 1–28.

17. Lichtenthaler H. K., Babani F. Light adaptation and senescence of the photosynthetic apparatus. Changes in pigment composition, chlorophyll fluorescence parameters and photosynthetic activity. *Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis.* Eds. Papageorgiou G. C., Govindjee. Dordrecht: Springer. 2004. P. 713–736.

18. Бухов Н. Г. Старение листа. Выявление участков, лимитирующих фотосинтез, с помощью коэффициентов тушения флуоресценции хлорофилла и редокс-изменений Р-700 в листьях. *Физиология растений*. 1997. Т. 44. С. 352–360.

19. Lichtenthaler H. K., Buschmann C., Knapp M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratioRFd of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*. 2005. Vol. 43. № 3. P. 379–393.

20. Липатов В. И. Научные основы коноплеводства в среднем Поволжье : автореф. дис. доктора с.-х. наук. Ленинград-Пушкин, 1995. 38 с.

21. Lichtenthaler H. K. The Kautsky effect: 60 years of chlorophyll fluorescence induction kinetics. *Photosynthetica.* 1992. Vol. 27(1–2). P. 45–55.

22. Веселовский В. А., Веселова Т. В. Люминесценция растений. Теоретические и практические. М. : Наука, 1990. 200 с.

23. Govindjee. Sixty-three years since Kautsky: Chlorophyll a fluo-rescence Govindjee. – *Austr. J. of plant physiol.* 1995. Vol. 22. P. 132–160.

24. Strasser R. J., Srivastava A., Tsimilli-Michael M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. *In Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation & Adaptation.* Ed. Mohanty, Yunus and Parthre. London: «Taylor & Francis». 1998. P.1–59.

25. Zwenger S. R. The biotechnology of *Cannabis sativa* L. New York, 2014. 249 p.

26. Кабанець В. М. Рівень водного дефіциту тканини листків сортів *Cannabis sativa* L. залежно від сорту. Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції / редкол. : О. О. Непочатенко (відп.ред.) та ін. Умань, 2018. С. 49–52.

27. Андрианова Ю. Е., Тарчевский И. А. Хлорофилл и продуктивность растений. М. : Наука, 2000. 135 с.

28. Каюмов М. К. Связь фотосинтеза с урожаем сельскохозяйственных культур. М. : ВО «Агропромиздат», 2001. 118 с.

29. Устенко Г. П. Фотосинтез и биологический урожай : Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 19–25.

30. Карначук Р. А. Фотосинтетическая активность листьев растений. М. : Наука, 2009. 142 с.

31. Vernotte C. Influence of stacking on the distribution of light energy in the photosynthetic apparatus. *Physiol. veget.* Vol. 5. 2002. P. 18–22.

32. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода / В. С. Лысенко, Т. В. Вардуни, В. Г. Сойер, В. П. Краснов. *Фундаментальные исследования. Биологические науки.* 2013. № 4. С. 112–120.

33. Кабанець В. М. Динаміка формування пігментів у листках рослин *Cannabis sativa* L. за фазами розвитку. Науково-теоретичне видання *Агроекологічний журнал*. 2018. Вип. 1. С. 102–107.

34. Genty B., Briantais J-M., Baker N. R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochemica et Biohysica Acta*. 1989. P. 87–92.

35. Лебедев С. И. Физиология растений. М. : Агропромиздат, 1988. 544 с.

36. Тарчевский И. А. Хлорофилл и продуктивность сельскохозяйственных растений. М. : Наука, 2002. 237 с.

37. Green B. R., Durnford D. G. The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 1996. P. 685–714.

38. Brenneisen R., ElSohly M. A. Chromatographic and spectroscopic profiles of Cannabis of different origins. *Part I. J. Forensic Sci.* 1988. Vol. 33, № 6. P. 1385–1404.

Публікації здобувача використані при написанні розділу

1. Кабанець В. М. Функціональна діагностика адаптованості рослин Cannabis до умов посухи. *Зрошуване землеробство* : Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Вип. 68. С. 17–22.

2. Кабанець В. М. Динаміка формування пігментів у листках рослин Cannabis sativa L. за фазами розвитку. *Агроекологічний журнал*. Київ, 2018. Вип. 1. С. 102–107.

3. Kabanets V. Influenceof variety features of hemp on dynamics of water deficit of leaf tissues. *Danish Scientific Journal*. Instedgade 104 1650 Kobenhavn V Denmark. 2020. Vol. 2, № 42. P. 3–6.

4. Кабанець В. М. Рівень водного дефіциту тканини листків сортів *Cannabis sativa* L. залежно від сорту. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. / редкол.: О. О. Непочатенко та ін. Умань, 2018. С. 49–52.

РОЗДІЛ 5

ОЦІНЮВАННЯ ФІТОМЕЛІОРАТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КОНОПЕЛЬ

Серед технічних культур, які вирощують у нашій країні, коноплі посівні займають особливе місце [1]. Характерною особливістю цього виду є висока стійкість до умов середовища та здатність до інтенсивного нарощування фітомаси. Активні процеси фотосинтезу що відбуваються в листках забезпечуються активною діяльністю кореневої системи, яка здатна проникати в грунт на глибину двох і більше метрів [2].

Головні хімічні сполуки, що є в ґрунті, надходять в організм через інші субстрати, які контактують із ґрунтом, – воду, повітря, рослини. Тому важливе вивчення вмісту хімічних елементів і їх сполук, які можуть мігрувати в атмосферу, ґрунтові або поверхневі води чи накопичуватися в рослинах. Природно, що в результаті таких транслокацій хімічних елементів знижується якість сільськогосподарської продукції, яку вирощують [3]. Міністерством Охорони здоров'я України затверджено показники ГДК для багатьох важких металів, проте не всіх, які були визначені в результаті проведених аналізів у дослідах [4].

Тому визначення рівня їх шкідливого впливу на біологічні об'єкти за кількісним показником вмісту в ґрунті ділянок, де проводили дослідження, не є можливим. Метою проведених у 2015–2017 роках польових і лабораторних досліджень було визначення наявності та кількості неорганічних елементів у ґрунті та рівень транслокації у процесі вегетації до рослин конопель посівних, а саме до тканин стебел рослин і до насіння для оцінки фітомеліоративного потенціалу культури.

Очікуваним результатом таких досліджень було розроблення наукових рекомендацій щодо базових параметрів технології вирощування конопель для відновлення початкових показників земель забруднених радіонуклідами та важкими металами.

5.1. Вміст лужноземельних металів у ґрунті та характер їх акумуляції рослинами конопель

Представниками групи хімічних елементи лужноземельних металів, які вивчали, були: стронцій (Sr), барій (Ba), берилій (Be), кальцій (Ca) і магній (Mg). Як показали результати лабораторних аналізів, їх наявність в орному шарі ґрунту, де проводили дослідження, дуже різниться кількісно, як і характер їх акумуляції до надземних частин рослин конопель за різних варіантів досліджень (додаток Д).

Стронцій (Sr) – за хімічними характеристиками є лужноземельний метал. У природі він зустрічається в основному у формі сульфатів і карбонатів [5].

Роль сполук стронцію в життєдіяльності тварин і рослин незначна. Однак цей хімічний елемент завжди наявний в організмі як постійний супутник кальцію, частково його заміщаючи у біологічних структурах. Підвищений вміст сполук стронцію (Sr) в організмі людини призводить до ураження кісткової тканини, викликає підвищення крихкості кісток і зумовлює швидке руйнування зубів. Проявляється ураження печінки і крові. Гранично допустимий коефіцієнт наявності стронцію (Sr) у рослинній сировині 1,0 мг/кг [6].

Результати досліджень у середньому за три роки показали, що наявність сполук цього елемента в ґрунті на ділянках проведення досліджень суттєва – 46,4 мг/кг (середнє значення на ділянках усіх варіантів досліджень). Тому дослідження особливостей акумуляції рослинами конопель посівних сполук стронцію (Sr) і можливість відпрацювання ефективних агротехнічних заходів, що зменшують інтенсивність його акумуляції у біологічній сировині, є актуальними.

Аналіз результатів трирічних досліджень показав, що рослини конопель посівних акумулюють в насінні сполуки стронцію (Sr) та його молекули набагато менше порівняно з тканинами стебел у всіх варіантах досліду у рослин сорту Гляна: а) на 38 %; б) 36 %; в) 31 %; г) 34 %; відповідно у рослин сорту Глесія: а) на 44 %; б) 51 %; в) 34 % і г) 33 % менше (табл. 5.1).

Аналіз вмісту стронцію (Sr) у тканинах стебел конопель показав, що у всіх варіантах досліду рослини сорту Глесія накопичували його значно менше порівняно з рослинами сорту Гляна. Суттєвий вплив на інтенсивність акумуляції сполук цього хімічного елемента мають умови вегетації рослин культури, насамперед рівень їх освітленості (світловий режим посівів)

У фазу технічної стиглості рослин конопель посівних у посівах із міжряддям шириною 45 см ця різниця становила 5,34 мг/кг, або 83 %; з міжряддям 15 см –11,6 мг/кг, або 66 %. У фазу біологічної стиглості у посівах із міжряддям 45 см ця різниця становила 9,63 мг/кг, або 71 %; з міжряддям 15 см відповідно – 0,7 мг/кг, або 97 %.

Транслокація і концентрація стронцію (Sr) і його сполук до насіння конопель мали дещо іншу тенденцію. У фазу біологічної стиглості рослини обох сортів містили в насінні значно меншу концентрацію сполук хімічного елемента порівняно з етапом попередньої технічної стиглості. Так, у насінні рослин сорту Гляна вміст стронцію (Sr) у фазу технічної стиглості перевищував рівень його акумуляції у фазу біологічної на 88 % у посівах із міжряддям 45 см і на 76 % у посівах із міжряддям 15 см.

Насіння сорту Глесія перевищувало концентрацію вмісту сполук стронцію (Sr) у насінні рослин попереднього сорту (Гляна) на 70 % і 78 % відповідно. Проте необхідно відмітити, що насіння рослин конопель посівних сорту Гляна акумулювало у своїх тканинах набагато вищий відсоток сполук стронцію (Sr) порівняно з показниками концентрації у насінні сорту Глесія.

Отже, за результатами трирічних досліджень можна стверджувати, що за допомогою відповідної сортової агротехніки вирощування можна суттєво впливати на інтенсивність процесів накопичення такого хімічного елемента, як стронцій (Sr), рослинами конопель посівних.

Таблиця 5.1

Вміст лужноземельних металів та їх сполук у ґрунті та рослин конопель посівних, середнє за 2015–2017 рр.

Елемент	Гляна				Глесія			
	стиглість							
	технічна		біологічна		технічна		біологічна	
	міжряддя, см							
	45	15	45	15	45	**15**	**45**	**15**
ґрунт, мг/кг								
Sr	44,477±0,003	50,078±0,006	47,246±0,003	47,492±0,003	43,133±0,002	43,583±0,010	49,487±0,009	45,435±0,006
Ba	95,262±0,005	100,053±0,003	93,335±0,006	100,51±0,005	84,005±0,003	94,649±0,011	99,430±0,003	97,494±0,004
Be	0,496±0,006	0,510±0,003	0,501±0,006	0,489±0,001	0,429±0,003	0,430±0,004	0,481±0,003	0,485±0,007
Ca	355,814±0,003	394,883±0,003	340,20±0,001	351,02±0,001	366,396±0,001	389,579±0,002	406,08±0,005	393,33±0,003
Mg	2397,69±0,006	2461,15±0,002	2489,16±0,00	2350,3±0,004	2265,03±0,003	2402,73±0,006	2497,5±0,005	2362,46±0,00
насіння, мг/кг								
Sr	12,005+0,003	12,546+0,002	10,567+0,007	9,5046+0,004	11,5576+0,003	11,618+0,002	8,1029+0,005	9,0714+0,006
Ba	2,455+0,008	2,214+0,001	2,175+0,002	1,786+0,005	2,277+0,003	2,154+0,001	1,450+0,004	1,725+0,004
Be	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Ca	226,3±0,001	216,6±0,005	179,6±0,002	150,2±0,003	247,8±0,005	233,3±0,003	162,1±0,004	151,5±0,003
Mg	3478,5±0,007	3368,9±0,009	3758,4±0,005	3242,9±0,004	2995,4±0,004	3101,3±0,002	3345,6±0,006	3376,3±0,005
стебла, мг/кг								
Sr	31,624+0,005	34,443+0,009	33,733+0,012	28,304+0,006	26,283+0,001	22,843+0,006	24,104+0,010	27,599+0,004
Ba	9,666+0,004	11,630+0,006	12,815+0,008	7,962+0,002	7,690+0,003	7,638+0,004	5,860+0,003	7,454+0,004
Be	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Ca	438,469+0,003	477,19+0,002	448,238+0,003	431,99+0,014	397,333+0,003	355,04+0,002	381,894+0,003	409,28+0,004
Mg	750,335+0,002	741,52+0,004	619,342+0,010	659,09+0,013	756,746+0,004	764,14+0,002	509,961+0,002	463,49+0,002

На величину показників акумуляції стронцію (Sr) рослинами конопель посівних суттєво впливали: концентрація сполук цього елемента в орному шарі ґрунту, рівень енергетичного (світлового) забезпечення рослин культури у процесі вегетації, сортові особливості, етапи органогенезу рослин культури і специфіка концентрації його сполук у надземних частинах: стеблах та насінні.

Наступним хімічним елементом, який належить до лужноземельних металі, є барій (Ba). У земній корі барій концентрується переважно в середніх і кислих магматичних породах, межі його вмісту становлять 400–1200 мг/кг. У геохімічних процесах барій (Ba) зазвичай асоціюється з калієм (K+) через велику наближеність їх іонних радіусів, тому він наявний в основному у складі природних сполук лужного польового шпату і біотиту.

Барій (Ba), що вивільняється в результаті вивітрювання, малорухомий, оскільки легко осідає у формі сульфатних і карбонатних солей, легко адсорбується глинами і концентрується в мінералах і конкреціях, що містять марганець і фосфор. Концентрації барію (Ba) у верхньому шарі ґрунтів і материнських породах мають подібні межі коливань. За наявними світовими даними, у ґрунтах загалом вміст барію (Ba) становить 19–2368 мг/кг (середнє за типами ґрунтів від 84 до 838 мг/кг), для ґрунтів США – від 10 до 3000 мг/кг (середнє від 265 до 835 мг/кг). Для умов України межі коливань вмісту барію (Ba) у поверхневому шарі ґрунтів: для підзолистих і піщаних – 180–260 мг/кг, для чорноземів – 475–620 мг/кг [6].

За результатами трирічних досліджень вміст барію (Ba) у ґрунті ділянок, де вирощували посіви конопель посівних, коливався від 84,005 мг/кг до 100,51 мг/кг, що значно менше порівняно із зазначеними величинами у спеціальній літературі (див. табл. 5.1).

До рослини конопель посівних його транслокація відбувалася в незначній кількості. Найменше барій (Ba) та його сполуки акумулювалися в насінні конопель. За варіантами досліду у фазу технічної стиглості вміст хімічного елемента у рослинах, що вегетували в широкорядних посівах, сорту Гляна

становив 2,6 % від загальної його кількості у ґрунті, у рослин культури, що вегетували у вузькорядних (міжряддя 15 см) – 2,2 %; за біологічної стиглості – 2,3 % і 1,8 % відповідно. Насіння рослин сорту Глесія акумулювало порівняно з величиною вмісту у ґрунті за варіантами досліду такий відсоток барію (Ba) та його сполук: 2,7; 2,3 %; 1,5 %; 1,8 %.

Тканини стебел рослин конопель посівних акумулювали більший відсоток сполук барію (Ba) порівняно з насінням. Так, тканини стебел рослин сорту Гляна за варіантами досліду транслокували сполуки барію (Ba) з ґрунту в обсягах, розміщених у такій послідовності: 10,1 %; 11,6 %; 13,7 % та 7,9 % відповідно.

Вміст барію (Ba) та його сполук у стеблах рослин сорту Глесія за варіантами досліджень становив: 9,2 %; 8,1 %; 5,9 %; 7,6 % відповідно до вмісту в ґрунті.

Якщо різниця показників акумуляції сполук барію (Ba) у насінні конопель посівних між сортами була несуттєвою або взагалі відсутня, то у тканинах стебел культури вона була досить значною – рослини сорту Гляна накопичували сполук такого хімічного елемента значно більше порівняно з величною накопичення стеблами рослин сорту Глесія.

Така залежність свідчить про реальну можливість за допомогою сортової агротехніки контролювати інтенсивність надходження і величину концентрації сполук барію (Ba) у рослинах конопель посівних. Це дуже важливо для реального отримання необхідної екологічно чистої рослинної продукції, оскільки вміст сполук барію (Ba) перевищував у всіх варіантах досліду гранично допустимий коефіцієнт, визначений і встановлений для біосировини, норма якого становить 0,7 мг/кг.

Аналіз характеру транслокації двох елементів, які належать до однієї хімічної групи – лужноземельні, дає цікаві результати таких досліджень. Різниця вмісту сполук стронцію (Sr) і барію (Ba) у ґрунті закладки дослідів була суттєвою, у середньому вона становила 49,2 мг/кг на користь барію (Ba).

Проте акумуляція їх у частинах рослин конопель була пропорційно протилежною.

У середньому за роками досліджень саме стронцій (Sr) та його сполуки за схемою варіантів дослідів транслокувалися до надземних частин рослин конопель в набагато більшій кількості порівняно з барієм (Ba). Так, насіння сорту Гляна за варіантами досліду накопичувало стронцію (Sr) та його сполук більше за барій (Ba): а) у 9,6 раза; б) 10,3; в) 8,4; г) 7,7 раза. У насінні сорту Глесія за варіантами досліду рослини культури накопичували стронцію (Sr) та його сполук більше за барій (Ba): у 9,3 раза; б) 9,5; в) 6,7; г) 7,3 раза. Щодо акумуляції цих елементів і їх сполук тканинами стебел, то рослини сорту Гляна в середньому за варіантами досліду накопичували стронцію (Sr) та його сполук більше за барій (Ba) у 21,5 раза, тоді як рослини сорту Глесія – у 18,0 разів.

Отже, результати досліджень свідчать про те, що транслокація таких представників лужноземельних металів, як стронцій (Sr) і барій (Ba), до частин рослин конопель не залежить від величини вмісту їх у ґрунті.

До лужноземельних металів відносять і такий хімічний елемент, як берилій (Be). Його вміст у ґрунті ділянок проведення досліджень був незначним. У середньому за роками досліджень на всіх варіантах дослідів його вміст був від 0,429 мг/кг до 0,51 мг/кг. Проте ця кількість значно завищена і перевищувала гранично допустимий коефіцієнт у рослинній продукції, який встановлений для берилію у кількості 0,0002 мг/кг. Такий низький чисельний коефіцієнт встановлений для берилію (Be) через високу його токсичність для тварин і людини. За літературними джерелами, він є сильним інгібітором деяких ферментів, а підвищені концентрації берилію (Be) у навколишньому середовищі можуть викликати ракові захворювання у людини [7].

Є наукові припущення, що розчинний берилій (Be), який міститься у ґрунтах, легко поглинається рослинами, в яких у природних умовах концентрація змінюється в широких межах – від 0,001 до 0,4 мг/кг або від 2 до 100 мг/кг. Особливо високий його вміст (до 250 мг/кг) встановлений для

рослини-концентратора берилію (Be) – *Vaccinium myrtillus*. Серед інших накопичувачів цього елемента відзначаються деякі представники родин бобових і хрестоцвітих, особливо тканини їх коренів. Підвищені кількості берилію (Be) виявлені в листках салату (0,033 мг/кг) і плодах томатів (0,24 мг/кг). Берилій (Be) накопичується в лишайниках і мохах (0,04 – 0,9 мг/кг) [8, 9, 10, 11].

За даними А. Кабата-Пендиас [12], берилій (Be) токсичний для рослин. Його вміст 2–16 мг/кг у розчині отруйний для рослин. Він гальмує проростання насіння і засвоєння сполук Ca, Mg і P кореневою системою, руйнує протеїни та ензими.

Результати проведених досліджень показали, що рослини конопель посівних не акумулюють берилій (Be) у своїх тканинах. У насінні та стеблах рослин конопель посівних цей хімічний елемент був наближений до величини, яка менша від порогу чутливості аналітичних приладів [13].

У лабораторних дослідженнях були отримані результати з таких лужноземельних металів, як кальцій (Ca) і магній (Mg), що належать до макроелементів. Їх вміст у ґрунті та в рослинах суттєво залежить від внесення органічних і неорганічних добрив. Проте деякі закономірності акумуляції їх сполук у частинах рослин конопель посівних необхідно відмітити.

У середньому за роками досліджень вмісту магнію (Mg) у ґрунті було зафіксовано 2403,3 мг/кг (див. табл. 5.1). Результати лабораторного аналізу показали, що рослини в насінні конопель акумулюють більшу кількість магнію (Mg) порівняно із ґрунтом у середньому за варіантами досліду на 930,16 мг/кг, тоді як у тканинах стебел значно менше, у середньому по досліду на 1745,2 мг/кг.

Проте показники накопичення у насінні конопель посівних сполук Mg, що було сформоване на рослинах різних сортів за фазами розвитку, не виявляло чітких закономірностей.

На рослинах сорту Гляна насіння з рослин, які вегетували у посівах із шириною міжрядь 45 см, накопичення сполук Mg за технічної стиглості становило 3478,5 мг/кг (100 %), а на посівах із шириною міжрядь 15 см 96,9 % від попередньої величини.

Насіння рослин конопель посівних сорту Глесія накопичувало сполуки Mg по-іншому в ту ж саму фазу стиглості. Рослини, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, формували насіння зі сполуками Mg у кількості 2995,4 мг/кг (100 %), а на рослинах, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, насіння культури того ж сорту накопичувало сполук Mg більше порівняно з насінням культури на попередньому варіанті. Величина накопичення була 3101,3 або 103,5 %.

У насінні рослин культури сорту Гляна, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, величина накопичення сполук Mg була 3758,4 мг/кг (100 %) за повної стиглості. Насіння з рослин того ж сорту, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, містили відповідно 3242,9, або 86,3 %. Тобто рівень освітленості рослин впливав на величину накопичення сполук Mg у насінні.

Проте у насінні рослин сорту Глесія вміст сполук Mg, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, за біологічної стиглості досягав 3376,6 мг/кг, або на 100,9 % перевищував аналогічні показники у насінні рослин культури, що вегетували у посівах з шириною міжрядь 45 см. Відповідно провідним фактором впливу на процеси накопичення сполук Mg був не рівень освітленості у процесі вегетації, а сортові особливості рослин конопель посівних.

Сполуки Mg у стеблах рослин культури на час їх технічної стиглості не виявляли чіткої тенденції змін концентрації в тканинах залежно від рівня освітленості і сортових особливостей. Якщо у рослин сорту Гляна у посівах з міжряддями 45 см концентрація сполук Mg була 750,335 мг/кг, то з міжряддями 15 см – 741,52, або 98,8 % від попередньої.

Показники концентрації сполук Mg у рослин сорту Глесія з міжряддями 45 см були 756,746 мг/кг, а у рослин, що вегетували з шириною міжрядь 15 см –

764,14, або 101,0 %. Тобто стійкої залежності змін концентрації зафіксовано не було.

У рослин сорту Гляна, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, накопичення сполук Mg за біологічної стиглості досягало 659,09 мг/кг або порівняно з рослинами того ж сорту, що вегетували з шириною міжрядь 45 см і мали кращий рівень освітленості, така величина становила 106,4 %.

Реакція рослин конопель посівних сорту Глесія у фазу біологічної стиглості була іншою. Рослини, що вегетували з кращим рівнем освітлення (ширина міжрядь 45 см), накопичували сполук Mg у тканинах стебел 509,961 мг/кг, а рослини з міжряддями 15 см лише 90,9 % від цієї величини. Тобто величина і тенденції зміни величини накопичення залежали насамперед від специфіки реакції рослин відповідних сортів.

Що стосується кальцію (Ca) та його сполук, то в кількісному вираженні за роками досліджень в ґрунті його було набагато менше за магній (Mg). У середньому за роками досліджень цей коефіцієнт становив 374,66 мг/кг, що на 2028,59 мг/кг менше порівняно з магнієм (Mg) (див. табл. 5.1). Проте характер акумуляції його в частинах рослин конопель посівних був протилежний магнію (Mg). Якщо порівняно з магнієм (Mg) насіння акумулювало кальцію (Ca) менше за вміст у ґрунті (у середньому в досліді на 178,74 мг/кг), то тканини стебел накопичили його значно більшу кількість, яка була наявна в ґрунті, проте не на всіх варіантах досліду.

У досліді з накопичення кальцію (Ca) у рослинах конопель посівних чітко простежується сортова залежність. Рослини сорту Гляна акумулювали у тканинах стебел кальцію (Ca) та його сполук за варіантами досліду на 82,66 мг/кг більше порівняно з наявністю у ґрунті за технічної стиглості в широкорядних посівах (варіант *а*, ширина міжряддя 45 см), за біологічної стиглості на цих самих посівах (варіант *в*) – 108,0, на вузькорядних (варіант *б, г* – ширина міжряддя 15 см) – 82,31 і 80,97 мг/кг відповідно.

Рослини сорту Глесія акумулювали у тканинах стебел набагато менше сполук кальцію (Ca) за варіантами досліду порівняно з показниками рослин попереднього сорту, а саме: на варіантах *а* і *г* на 30,94 і 15,95 мг/кг більше за наявності у ґрунті і на варіантах *б* і *в* на 34,54 і 24,19 мг/кг менше за величину наявності у ґрунті. Отже, розробляючи елементи технології для вирощування конопель посівних, необхідно враховувати сортові особливості рослин у здатності поглинати та акумулювати відповідні хімічні елементи та їх сполуки.

За роками досліджень (вирощування рослин конопель на одному полі) найбільше представників лужноземельних металів у ґрунті було в перший рік проведення досліду – 2015 р., тому і величина їх концентрації в рослинах теж у цей період була найвищою (додаток Д). Результати лабораторних аналізів показали значне зниження цієї концентрації як у зразках ґрунту, так і надходження цього елемента до рослин культури в наступні роки досліджень. Найменший вміст усіх представників лужноземельних металів, які були у досліді, зафіксовано в останній рік досліджень – 2017, що беззаперечно засвідчує властивість рослин конопель посівних очищати ґрунт, транслокуючи сполуки стронцію до органів рослин.

5.2. Особливості накопичення в рослинах конопель хімічних елементів лантаноїдної групи

Вміст у насінні конопель посівних таких неорганічних елементів, як празеодим (Pr), самарій (Sm), гадоліній (Gd), диспрозій (Dy), гольмій (Ho), ербій (Er), тулій (Tm), ітербій (Yb), лютецій (Lu), торій (Th), уран (U), був наближений до величини, яка менша від порогу чутливості аналітичних приладів; у тканинах стебел ті самі елементи, крім празеодиму (Pr), гадолінію (Gd) і торію (Th), а також селену (Se), який був наявний у насінні (додаток Д).

Розглянемо детальніше якості названих хімічних елементів, оскільки всі вони були наявні у ґрунті ділянок проведення досліджень і по-різному акумулювалися частинами рослини конопель посівних.

Результати аналізу хімічних елементів і їх сполук, які за хімічними характеристиками належать до лантаноїдів, були досить відмітними від показників їх наявності у ґрунті проведення досліджень та акумуляції в тканинах рослин конопель посівних.

Вміст празеодиму (Pr) і гадолінію (Gd) та їх сполук, які належать до однієї хімічної групи, у ґрунті ділянок проведення досліджень був суттєвий і майже однорідний за кількісною величиною.

Так, у середньому за трьома роками досліджень вміст обох елементів становив 5,06 мг/кг, проте у тканинах рослин конопель вони акумулювалися по-різному за варіантами досліду (табл. 5.2). У насінні рослин конопель посівних концентрації таких хімічних елементів були наближені до величини, яка менша від порогу чутливості аналітичних приладів. Щодо тканин стебел, то празеодим (Pr) і його сполуки акумулювалися на всіх варіантах досліду в рослинах сорту Гляна, тоді як у рослин сорту Глесія лише на варіанті у посівах з міжряддям 15 см за повної біологічної стиглості. Зазначимо, що і гадоліній (Gd) теж був наявний на цьому варіанті і в такій самій кількості. У тканинах рослин сорту Гляна гадоліній (Gd) і його концентрації були наближені до величини, яка менша від порогу чутливості аналітичних приладів.

Щодо тканин стебел, то празеодим (Pr) і його сполуки акумулювалися на всіх варіантах досліду в рослинах сорту Гляна, тоді як у рослин сорту Глесія лише на варіанті у посівах із міжряддям 15 см за повної біологічної стиглості. Необхідно відмітити, що і гадоліній (Gd) теж був наявний на цьому варіанті і в такій самій кількості. У тканинах рослин сорту Гляна гадоліній (Gd) і його сполуки були акумульовані на двох варіантах досліду з рослинами, що вегетували в посівах із різною шириною міжрядь і фазами стиглості, проте в однаковій кількості – 0,002 мг/кг.

Таблиця 5.2

Вміст неорганічних елементів (лантаноїдів) та їх сполук у ґрунті та рослин конопель посівних, середнє за 2015–2017 рр.

Елемент	Гляна				Глесія			
	стиглість							
	технічна		біологічна		технічна		біологічна	
	міжряддя, см							
	45	15	45	15	45	15	45	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ґрунт, мг/кг								
Pr	4,629±0,003	5,152±0,000	4,888±0,007	5,462±0,004	4,910±0,004	5,151±0,013	5,281±0,003	4,998±0,004
Gd	4,699±0,001	5,291±0,004	5,020±0,004	5,233±0,006	4,796±0,004	5,113±0,009	5,370±0,002	4,972±0,003
Sm	3,242±0,002	3,561±0,006	3,273±0,003	3,615±0,004	3,297±0,006	3,635±0,011	3,680±0,002	3,387±0,003
Dy	1,984±0,004	2,204±0,006	2,078±0,003	2,227±0,001	1,984±0,006	2,151±0,007	2,243±0,003	2,160±0,003
Nd	17,847±0,002	19,215±0,004	18,348±0,004	19,849±0,004	18,311±0,006	19,195±0,010	19,427±0,003	18,832±0,004
Eu	0,685±0,003	0,758±0,005	0,710±0,002	0,741±0,003	0,678±0,003	0,718±0,008	0,765±0,002	0,718±0,004
Ce	40,311±0,007	44,843±0,001	41,879±0,006	46,242±0,002	41,723±0,004	44,328±0,011	46,183±0,003	43,949±0,008
Er	0,967±0,001	1,044±0,004	1,008±0,003	1,101±0,003	0,927±0,006	1,046±0,010	1,128±0,004	1,079±0,007
Ho	0,347±0,002	0,377±0,002	0,363±0,003	0,396±0,001	0,335±0,006	0,377±0,008	0,393±0,003	0,384±0,004
Lu	0,113±0,002	0,116±0,002	0,113±0,001	0,120±0,001	0,099±0,009	0,115±0,006	0,121±0,003	0,123±0,009
Yb	0,787±0,003	0,820±0,008	0,804±0,004	0,840±0,002	0,705±0,006	0,767±0,009	0,870±0,003	0,840±0,003
Tm	0,123±0,001	0,125±0,006	0,123±0,005	0,132±0,005	0,110±0,008	0,126±0,009	0,135±0,001	0,131±0,008

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
насіння, мг/кг								
Pr	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Gd	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Sm	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Dy	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Nd	0,0011+0,1098	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0,0022+0,019	<0.00
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eu	0,0014+0,0343	0,001+0,03	0,001+0,046	<0.00	0,0007+0,0508	0,0011+0,010	<0.00	0,0002+0,280
Ce	0,0088+0,0052	0,0026+0,026	0,003+0,014	0,0026+0,020	0,0051+0,0036	0,0046+0,022	0,0122+0,004	0,0040+0,021
Er	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Ho	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Lu	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Yb	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Tm	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
стебла, мг/кг								
Pr	0,002+0,028	0,001+0,084	0,003+0,017	0,001+0,029	<0.00	<0.00	<0.00	0,001+0,041
Gd	<0.00	0,002+0,038	0,002+0,028	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0,001+0,063
Sm	<0.00	<0.00	0,002+0,037	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Dy	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Nd	0,014+0,014	0,011+0,011	0,016+0,015	0,010+0,018	0,003+0,072	0,005+0,013	0,003+0,017	0,011+0,012
Eu	0,011+0,005	0,015+0,014	0,018+0,014	0,010+0,006	0,009+0,017	0,009+0,021	0,006+0,011	0,009+0,017
Ce	0,032+0,006	0,024+0,002	0,030+0,014	0,022+0,009	0,012+0,010	0,017+0,007	0,011+0,007	0,031+0,009
Er	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Ho	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Lu	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Yb	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Tm	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00

Механізм накопичення цих двох хімічних елементів у надземних частинах рослин конопель посівних дуже подібний. За літературними джерелами, їх сполуки необхідно розглядати як високотоксичні [14, 15].

Самарій (Sm) і диспрозій (Dy) та їх сполуки, які за хімічними характеристиками теж належать до лантаноїдів, відрізнялися своєю наявністю в ґрунтах ділянок проведення досліджень від попередньо описаних меншою кількістю, а саме на 1,6 мг/кг і 2,93 мг/кг відповідно. Вони майже рівномірно були розповсюджені на варіантах досліду – в межах 3,5 мг/кг і 2,1 мг/кг відповідно і фактично не транслокувались у тканини рослин конопель посівних у процесі їх вегетації. Проте такий хімічний елемент з цієї ж групи лантаноїдів, як неодим (Nd) і його сполуки, за результатами лабораторних аналізів характеризувався здатністю надходити у рослини та акумулюватись у тканинах на всіх варіантах досліду. Його наявність у ґрунті була вища на 13,82 мг/кг від празеодиму (Pr) і гадолінію (Gd), на 15,42 мг/кг від самарію (Sm), проте характер транслокації до рослин конопель відповідав цим хімічним речовинам. У насінні конопель наявність неодиму (Nd) майже не була зафіксована аналітичними приладами, а у тканинах стебел рослин культури в середньому по досліду його наявність становила 0,01 мг/кг. Проте тут необхідно відмітити сортову відмітність особливостей акумуляції неодиму (Nd) у стеблах рослин. Якщо вміст неодиму (Nd) і його сполук у стеблах рослин сорту Гляна в середньому по досліду був на рівні 0,013 мг/кг, то у рослин сорту Глесія ця кількість становила 0,006 мг/кг, що у відсотковому відношенні на 42,31 % менше від показників у рослин сорту Гляна. Таку сортову особливість необхідно враховувати за інтродукції конопель посівних, адже неодим (Nd) та його сполуки належать до високотоксичних хімічних елементів, які відомі як подразники шкіри та слизових оболонок очей [16, 17].

Заслуговує на увагу дослідження особливостей транслокації рослинами з ґрунту до тканин такого хімічного елемента, як європій (Eu) та його сполуки,

який за хімічною характеристикою теж належать до лантаноїдів. Європій (Eu) найактивніший серед рідкісноземельних елементів.

Із групи лантаноїдів такі хімічні елементи та їх сполуки, як: ербій (Er), гольмій (Ho), лютецій (Lu), ітербій (Yb), тулій (Tm) хоч і були наявні в ґрунті на всіх варіантах досліду в незначних кількостях, проте у тканини рослин конопель посівних вони не надходили і не акумулювалися в усі роки досліджень (додаток Д).

Результати досліджень показують, що хімічні елементи характеризуються різним ступенем токсичності для людини і належать за хімічною характеристикою до однієї групи, по-різному надходять до рослин конопель, що необхідно враховувати при проведенні агротехнічних заходів.

5.3. Характер транслокації хімічних елементів актиноїдної групи у ґрунті та рослинах конопель

Із актиноїдної групи хімічних елементів досліджували торій (Th) та уран (U). Торій (Th) – порівняно малорухливий елемент; в основному він бере участь у магматичних процесах, його сполуки накопичуються в гранітах, лужних породах і пегматитах. Здатність до концентрації у торію (Th) слабка. Біологічної ролі торій (Th) не має, у структурах біосфери не зустрічається. Якщо потрапляє до шлунку людини (у звичайному вигляді та у формі більшості сполук), то виводиться з організму. Небезпечним є потрапляння сполук торію (Th) до складу крові [19].

Щодо урану (U), то він володіє хімічною та радіаційною токсичністю. Відомо, що уран (U) міститься в тканинах рослин і тварин. У тілі людини, за даними різних авторів, завжди міститься від 10 у мінус 4 степені урану (U) на кілограм ваги. Найбільша кількість урану (U) міститься в органах внутрішньої секреції, нирках і кістках. Постійна наяність урану (U) в рослинах і тваринах дозволила низці дослідників висловити припущення, що уран (U) у мікрокількостях необхідний для життя біоелементів. Проте фізіологічна роль

урану (U) до цього часу ще не з’ясована. Гранично допустима концентрація природного урану (U) у воді – 0,6 мг/л, у повітрі робочих приміщень – 0,2 мг/м^3, в атмосферному повітрі – 0,001 мг/м^3. За рекомендаціями Міжнародної комісії з радіаційного захисту, в тілі людини не повинно бути більше 0,3 мг урану (U), а в нирках – 0,003 мг [20].

За результатами лабораторних аналізів торій (Th) та уран (U) і їх сполуки наявні в ґрунтах на ділянках, де проводили дослідження. Торію (Th) та його сполук було на варіантах досліду від 3,88 мг/кг до 5,46 мг/кг, тоді як урану (U) і його сполук від 0,48 до 0,62 мг/кг (табл. 5.3). Якщо кількість урану (U) в ґрунті ділянок досліджень прирівнювати до допустимих норм у воді (за відсутності офіційних нормативів у ґрунті), то можна з упевненістю сказати, що ґрунти на ділянках проведення досліджень не забруднені ураном (U) та його сполуками, тим більше, що вони не були зафіксовані аналітичними приладами у тканинах стебел та насіння конопель посівних. Отже, наявність урану (U) та його сполук у допустимих нормативних кількостях у ґрунті не забезпечує можливість їх акумуляції тканинами рослин конопель посівних, і вона є безпечною нормою для вирощування рослин конопель у регіоні.

Гранично допустима концентрація торію (Th) у рослинах і ґрунті не відома. Проте необхідно відмітити, що його наявність у ґрунті проведення досліджень була набагато вищою за уран (U), але така кількість не має негативних наслідків для вирощування рослин конопель посівних, оскільки торій (To) та його сполуки акумулювалися до тканин стебел культури в малій кількості, тоді як у насінні були наближені до величини, яка менша від порогу чутливості аналітичних приладів у всі роки досліджень (додаток Д).

Необхідно відмітити, що результати аналітичних досліджень показали сортову залежність накопичення торію (Th) та його сполук рослинами у тканинах стебел (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Вміст неорганічних елементів (актиноїдної групи) та їх сполук у ґрунті та рослин конопель посівних, середнє за 2015–2017 рр.

Елемент	Гляна				Глесія			
	стиглість							
	технічна		біологічна		технічна		**біологічна**	
	міжряддя, см							
	45	15	45	15	45	15	**45**	**15**
ґрунт, мг/кг								
Th	4,533±0,002	5,297±0,009	4,607±0,004	5,228±0,004	3,884±0,003	4,656±0,004	5,357±0,005	5,462±0,009
U	0,495±0,004	0,557±0,004	0,511±0,003	0,580±0,004	0,483±0,003	0,572±0,005	0,578±0,004	0,620±0,008
насіння, мг/кг								
Th	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
U	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
стебла, мг/кг								
Th	0,088+0,011	0,192+0,009	0,184+0,008	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	0,001+0,057
U	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00

Найвища їх концентрація була у рослин сорту Гляна. Лише за повної біологічної стиглості у вузькорядних посівах (міжряддя 15 см) рослини конопель посівних не акумулювали торій (Th). Найвища його концентрація у тканинах стебел – 0,192 мг/кг була зафіксована у рослин цього сорту за повної технічної стиглості у посівах із міжряддям 15 см у 2015 році.

5.4. Накопичення хімічних елементів групи перехідних металів у ґрунті та акумуляція їх рослинами конопель

Результати лабораторних аналізів вмісту перехідних металів у ґрунті вирощування конопель посівних та акумуляція їх рослинами культури показали наявність та різну здатність до засвоєння і транслокації таких хімічних елементів, як: скандій (Sc), хром (Cr), марганець (Mn), залізо (Fe), кобальт (Co), нікель (Ni), мідь (Cu), цинк (Zn), срібло (Ag), кадмій (Cd) (додаток Д).

Описувати зазначені вище хімічні елементи та їх сполуки з погляду шкідливого впливу на живі організми та їх токсичності немає потреби, оскільки всі вони є в більшій чи меншій кількості бажаним компонентом як у ґрунті, так і рослинах (крім кадмію (Cd) та його сполук, результати аналізів яких будуть описані окремо) і часто їх розглядають як елемент технології з підживлення посівів мікроелементами для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

Водночас вивчення особливостей міграції їх у системі «ґрунт–рослина» є важливим і актуальним питанням.

З усіх названих перехідних металів за результатами лабораторних аналізів заліза (Fe) у ґрунті у середньому за три роки проведення досліджень було найбільше. Так, у середньому по досліду залізо (Fe) перевищувало вміст хрому (Cr) і його сполук на 13251,79 мг/кг; марганцю (Mn) і його сполук на 12889,66; кобальту (Co) – 13272,15; нікелю (Ni) – 13263,16; міді (Cu) – 13267,19; цинку (Zn) – 13249,71; срібла (Ag) і його сполук на 13277,78 мг/кг (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Вміст перехідних металів (хімічна група) та їх сполук у ґрунті та рослин конопель посівних, середнє за 2015–2017 рр.

Елемент	Гляна				Глесія			
	стиглість							
	технічна		біологічна		технічна		біологічна	
	міжряддя, см							
	45	15	45	15	45	15	45	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ґрунт, мг/кг								
Sc	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Cr	26,777±0,002	27,121±0,002	25,986±0,002	26,632±0,002	21,981±0,002	24,637±0,001	27,893±0,003	27,594±0,002
Mn	393,315±0,006	420,720±0,002	420,68±0,002	376,56±0,004	352,047±0,002	379,498±0,004	370,17±0,004	392,71±0,002
Fe	13696,7±0,006	13542,8±0,002	13725,0±0,00	13152,1±0,00	12071,25±0,002	12969,9±0,003	13688,8±0,00	13376,4±0,00
Co	5,535±0,004	6,092±0,002	5,907±0,004	5,548±0,002	5,465±0,001	5,750±0,002	5,727±0,004	5,704±0,005
Ni	14,083±0,002	15,155±0,002	14,882±0,003	14,246±0,002	13,892±0,004	15,192±0,003	15,196±0,006	15,042±0,005
Cu	10,572±0,005	10,941±0,001	10,903±0,005	10,347±0,002	9,754±0,002	11,001±0,002	11,021±0,004	10,931±0,003
Zn	28,005±0,004	29,069±0,002	28,984±0,004	27,349±0,003	26,620±0,002	27,738±0,000	29,436±0,004	28,090±0,003
Ag	0,087±0,003	0,095±0,006	0,080±0,003	0,114±0,006	0,056±0,006	0,064±0,009	0,105±0,009	0,108±0,008
Cd	0,138±0,003	0,143±0,004	0,130±0,001	0,155±0,001	0,110±0,004	0,122±0,008	0,150±0,005	0,154±0,007
насіння, мг/кг								
Sc	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Cr	0,0382±0,031	0,0249±0,004	0,0264±0,003	0,0334±0,015	0,0272±0,025	0,0284±0,009	0,0991±0,006	0,0178±0,022
Mn	88,88±0,002	73,37±0,004	100,76±0,000	97,56±0,001	73,02±0,002	73,91±0,001	96,85±0,006	98,46±0,003
Fe	111,85±0,003	112,26±0,005	127,81±0,003	90,91±0,002	95,80±0,001	78,21±0,003	99,45±0,004	90,00±0,004
Co	0,0378+0,0063	0,041+0,022	0,067+0,004	0,043+0,014	0,0516+0,0050	0,060+0,009	0,082+0,006	0,076+0,0039
Ni	5,2236+0,0056	5,025+0,005	6,088+0,003	5,055+0,001	3,8198+0,0011	4,445+0,003	4,6425+0,005	4,775+0,002
Cu	17,791+0,004	13,864+0,004	13,658+0,004	10,913+0,002	12,567+0,0008	12,418+0,004	10,972+0,003	10,441+0,001

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zn	65,686+0,003	53,142+0,006	65,383+0,002	52,519+0,002	45,011+0,0004	48,962+0,004	55,419+0,001	62,312+0,005
Ag	0,0242+0,003	0,016+0,003	0,011+0,012	0,0099+0,005	0,0172+0,0045	0,011+0,006	0,0104+0,009	0,0157+0,005
Cd	0,024+0,004	0,026+0,009	0,0763+0,006	0,0336+0,002	0,0269+0,008	0,045+0,005	0,0360+0,001	0,0490+0,008
стебла, мг/кг								
Sc	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00
Cr	0,234+0,004	0,258+0,003	0,219+0,009	0,219+0,018	0,222+0,006	0,242+0,006	0,090+0,003	0,167+0,013
Mn	41,653+0,001	40,567+0,002	49,004+0,005	31,718+0,013	21,589+0,002	25,237+0,005	29,230+0,003	26,003+0,002
Fe	26,091+0,000	31,888+0,004	26,142+0,004	18,750+0,020	18,587+0,005	23,471+0,008	14,685+0,003	21,946+0,007
Co	0,021+0,005	0,010+0,014	0,012+0,019	0,019+0,035	0,013+0,031	0,017+0,015	0,011+0,008	0,009+0,019
Ni	2,559+0,002	1,913+0,003	1,176+0,001	0,880+0,021	1,572+0,007	1,762+0,004	0,691+0,006	0,640+0,003
Cu	2,153+0,003	3,714+0,003	1,447+0,006	1,416+0,014	1,792+0,002	1,838+0,003	1,139+0,007	1,200+0,004
Zn	7,314+0,001	8,982+0,002	7,103+0,006	2,856+0,018	6,499+0,008	6,912+0,005	2,209+0,006	2,446+0,003
Ag	0,013+0,003	0,010+0,015	0,011+0,009	0,006+0,013	0,006+0,013	0,005+0,013	0,005+0,017	0,005+0,010
Cd	0,038+0,005	0,045+0,008	0,031+0,008	0,024+0,011	0,013+0,003	0,018+0,015	0,012+0,006	0,026+0,004

Найменше із названих елементів у ґрунті в середньому по досліду було срібла (Ag) – 0,09 мг/кг і кобальту (Co) та його сполук – 5,72 мг/кг. Проте рослини засвоювали та акумулювали зазначені хімічні елементи та їх сполуки до тканин надземних частин рослин конопель по-різному. Якщо тканини стебел найменше акумулювали у середньому по досліду та однакову кількість срібла (Ag) і кобальту (Co) та їх сполук – 0,01 мг/кг, то насіння конопель – срібла (Ag) і хрому (Cr) – 0,01 мг/кг і 0,04 мг/кг відповідно.

Найбільше рослини культури у тканинах стебел накопичували марганцю (Mn) та його сполук – 33,13 мг/кг, що на 10,43 мг/кг перевищувало вміст заліза (Fe). У насінні рослини акумулювали набагато більше перехідних металів порівняно з тканинами стебел, крім срібла (Ag) (однакова кількість) і хрому (Cr), що перевищувало його вміст у стеблах тканин на 0,017 мг/кг.

У насінні конопель найвищий показник вмісту серед названих перехідних металів у середньому по досліду був у заліза (Fe) – 100,79 мг/кг, марганцю (Mn) – 87,85 і цинку (Zn) – 56,05 мг/кг, тоді як цинку (Zn) та його сполук у тканинах стебел акумулювалось усього 5,54 мг/кг у середньому по досліду.

Вміст сполук міді (Cu) у насінні перевищував їх кількість у тканинах стебел майже в 11 разів.

Це цікаві результати, оскільки із усіх проаналізованих у дослідах неорганічних сполук, які рослини культури транслокували із ґрунту до тканин конопель, саме перехідні метали перевищували показники акумуляції у насінні порівняно з тканинами стебел. Якщо розглядати сортові особливості рослин, то їх частка в розподілі хімічних елементів, які належать до перехідних металів, була такою.

Рослини сорту Гляна акумулювали хімічні елементи та їх сполуки значно більше порівняно з рослинами сорту Глесія. Тканини стебел сорту Гляна поступалися у показниках накопичення рослинам сорту Глесія лише в рівні акумулювання сполук кобальту (Co) і заліза (Fe) у вузькорядних (ширина міжрядь 15 см) посівах. На всіх інших варіантах досліду у тканинах стебел

конопель посівних сорту Гляна вміст перехідних металів, які досліджували, був набагато вищим.

Рослини сорту Гляна акумулювали в насінні сполуки багатьох хімічних елементів, що за показниками концентрації перевищувало вміст металів порівняно з насінням рослин сорту Глесія, крім кобальту (Co), який на всіх варіантах досліду мав вищий коефіцієнт накопичення саме у насінні сорту Глесія.

Рівень освітлення надземних частин рослин мав значний вплив на величину акумулювання хімічних елементів та їх сполук як у насінні, так і в тканинах стебел рослин, проте не настільки чітко, як рівень частки сорту.

Так, у широкорядних посівах із міжряддям 45 см конопель посівних у тканинах стебел у фазу технічної стиглості рослини сорту Глесія накопичували значно менший обсяг хімічних елементів порівняно з рослинами, які розвивалися у посівах із міжряддям 15 см, крім срібла (Ag). Проте рослини сорту Гляна на всіх варіантах досліду вузькорядних посівів акумулювали перехідних металів значно менше за біологічної стиглості порівняно з рослинами сорту Глесія, крім кобальту (Co) (у стеблах) і хрому (Cr) (у насінні).

Щодо сполук Cr, то величина концентрації у стеблах була зафіксована набагато менше у рослин сорту Глесія порівняно з сортом Гляна. У рослин, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, величина накопичення була 0,242 мг/кг, або 109,0 % від показників у рослин із посівів 45 см ширини міжрядь сорту Глесія за технічної стиглості. У тканинах стебел сорту Гляна незалежно від рівня їх освітленості (ширина міжрядь 45 і 15 см) у процесі вегетації накопичення сполук Cr фактично було однаковим і становило 0,219 мг/кг за повної їх стиглості.

У рослин сорту Глесія зниження рівня освітленості рослин у процесі онтогенезу сприяло більшій концентрації сполук Cr у тканинах стебел за повної стиглості. Величина накопичення була 0,167 мг/кг або перевищувала показники наявності сполук цього важкого металу у тканинах стебел рослин, що

вегетували з шириною міжрядь, на 185,6 %. Тобто сортова реакція рослин культури на здатність накопичувати сполуки Cr була суттєвою.

Рослини конопель посівних проявляли чіткіші закономірності концентрації сполук важких металів у насінні різних сортів і залежно від умов вегетації рослин, передусім від рівня освітленості у процесі їх вегетації.

Сполуки Cr у насінні рослин культур у період досягнення ними технічної стиглості концентрувались насамперед залежно від сортових особливостей конопель посівних, а не від рівня освітленості рослин у період їх вегетації. Рослини сорту Гляна у посівах із шириною міжрядь 45 см накопичували в насінні 0,0382 мг/кг (100 %) сполук Cr, а в насінні з рослин, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, 0,0249 мг/кг, або 65,2 % від величини накопичення у насінні конопель попереднього варіанта.

Водночас насіння з рослин сорту Глесія концентрувало сполуки Cr по-іншому. У рослин, що вегетували у посівах із шириною міжрядь 15 см, накопичення сполук Cr було максимальним – 0,0284 мг/кг, або така величина перевищувала аналогічні показники вмісту сполук Cr у насіння з рослин, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см на 104,4 %.

Найбільше практичне значення для виробництва мають показники накопичення сполук важких металів у насінні конопель посівних на час настання біологічної стиглості рослин культури.

Особливості накопичення у насінні конопель посівних сполук Cr чіткої залежності від рівня освітленості рослин культури у процесі їх вегетації не проявляли. Насіння сорту Гляна у період біологічної стиглості рослин, що вегетували у посівах із шириною міжрядь 45 см, містило 0,0264 мг/кг сполук Cr (100%). Насіння рослин, що вегетували у посівах із шириною міжрядь 15 см, накопичувало відповідно 0,0334 мг/кг, або 126,5 %. Тобто у рослин, що мали нижчий рівень світлового (енергетичного) забезпечення у процесі вегетації, вміст сполук Cr був достовірно вищим. Проте така залежність була справедливою лише для рослин сорту Гляна.

Використання у дослідах насіння рослин культури сорту Глесія виявило інші залежності. Насіння рослин, що проходили вегетацію в посівах із шириною міжрядь 45 см, накопичувало у тканинах 0,099 мг/кг сполук Cr (100 %). Зменшення ширини міжрядь у посівах до 15 см (відповідне зниження рівня освітленості рослин культури) призводило до накопичення в насінні конопель посівних 0,0178 мг/кг сполук Cr, або 17,9 % від величини накопичення у рослин того ж сорту, що вегетували у широкорядних посівах (45 см). Тобто вплив рівня світлового (енергетичного) забезпечення був достатньо переконливим у здатності рослин і насіння конопель сорту Глесія накопичувати сполуки Cr.

Отже, як показали результати досліджень, проявлялись загальні закономірності накопичення сполук Cr у насінні рослин сортів Гляна і Глесія. У рослин, що вегетували з шириною міжрядь 45 см і мали відповідно більш повне освітлення, накопичення сполук Cr було вищим порівняно з величиною вмісту у насінні рослин, що розвивалися в посівах із шириною міжрядь 15 см.

Такі встановлені закономірності дозволяють стверджувати, що регулювання інтенсивності процесів акумуляції рослинами конопель посівних хімічних елементів, які належать до групи перехідних металів, і їх сполук може бути досягнуте відповідними змінами елементів технології вирощування посівів культури.

Розглянемо детальніше накопичення кадмію (Cd) та його сполук у ґрунті та рослинами конопель посівних, який теж відноситься до групи перехідних металів.

У середньому за трьома роками досліджень найменше сполук кадмію (Cd) акумулювалося в тканинах стебел рослин обох сортів. Різниця за схемами дослідів у рослин сорту Гляна становила: *а*) 0,114 мг/кг порівняно з ґрунтом і 0,014 – із насінням рослин конопель; *б*) 0,117 і 0,019 відповідно; *в*) -0,054 і 0,045; *г*) -0,121 і 0,01 мг/кг відповідно.

У рослинах сорту Глесія така різниця становила: а) 0,083 мг/кг порівняно з ґрунтом і -0,014 – із насінням конопель; б) 0,077 і -0,027 відповідно; в) 0,114 і -0,024; г) 0,105 і -0,023 мг/кг відповідно.

Проте результати досліджень показали, що у фазу повної біологічної стиглості у насінні обох сортів акумулюється вищий відсоток кадмію (Cd) та його сполук порівняно з фазою технічної стиглості рослин культури незалежно від площі їх живлення і рівня освітленості в процесі вегетації посівів.

Щодо тканин стебел, то тут чітко простежується сортова відмінність, яка впливає на здатність рослини конопель посівних накопичувати вміст кадмію (Cd) та його сполук. Тканини стебел рослин сорту Гляна значно менше засвоюють і акумулюють сполуки цього хімічного елемента у фазу повної біологічної стиглості порівняно з технічною, тоді як у рослин сорту Глесія навпаки збільшують показник акумуляції на 69 % саме у фазу повної біологічної стиглості.

Ґрунт на ділянках вирощування рослин культури всіх варіантів досліду був досить однорідним за вмістом сполук кадмію (Cd). Найбільша різниця між крайніми показниками концентрації становила 0,045 мг/кг. Проте вміст сполук кадмію (Cd) у ґрунті перевищував гранично допустимий коефіцієнт, визначений Настановою МОЗ України (0,03 мг/кг). На ділянках, де було проведено вирощування посівів конопель посівних, перевищення концентрації сполук кадмію (Cd) у середньому за три роки у ґрунті було від 0,08 до 0,13 мг/кг.

Хоча такі показники на перший погляд є незначними, проте необхідно враховувати, що кадмій (Cd) – один із найбільш токсичних важких металів віднесений до 2-го класу небезпеки – «високонебезпечні речовини». Як і багато інших важких металів, кадмій (Cd) має чітку тенденцію до накопичення в організмі людини – період виведення половини його кількості становить 10–35 років. До 50 років життя його загальний ваговий вміст в організмі людини може досягати 30–50 мг [21].

Цей елемент – один із небагатьох, що не виконує конструктивних функцій в людському організмі. Він, як і його сполуки, є надзвичайно токсичним, навіть у незначних концентраціях.

Отруєння кадмієм (Cd) є причиною хвороби, що вперше була описана в Японії в 50-х роках XX століття і отримала назву «ітай-ітай» (що дослівно означає «боляче-боляче») [22].

Ураховуючи негативний вплив кадмію (Cd) на організм людини, необхідно відмітити важливість досліджень щодо визначення його вмісту у ґрунті, а також особливостей засвоєння рослинами та акумуляцією у відповідних частинах.

Результати досліджень показали, що за допомогою агротехнічних прийомів можна контролювати інтенсивність процесів поглинання з ґрунту рослинами конопель посівних сполук кадмію (Cd) та його сполук, що забезпечує акумуляцію в насінні і тканинах стебел незначної його кількості, яка не перевищує ГДК.

Такого результату можна досягти насамперед правильним підбором сортів для вирощування. Так, у дослідах рослини сорту Глесія акумулювали у тканинах стебел рослин на всіх варіантах таку кількість хімічного елемента, яка не перевищувала ГДК (0,013 мг/кг;0,018; 0,012; 0,026 мг/кг відповідно за схемами варіанта), тоді як рослини сорту Гляна лише на варіанті за вузькорядної сівби і зниженого рівня освітленості надземних частин у процесі вегетації, за досягнення повної біологічної стиглості мали позитивні результати - 0,024 мг/кг, що не перевищувало норму вмісту для рослинної сировини.

Рівень освітленості надземних частин рослин сорту Глесія мав значний вплив на величину акумулювання сполук кадмію (Cd) як у насінні, так і у тканинах стебел. Так, у широкорядних посівах із міжряддям 45 см рослини конопель в обох фазах стиглості накопичували значно менші обсяги сполук (Cd) порівняно з рослинами, які розвивалися у посівах із міжряддям 15 см – за

технічної стиглості тканини стебел на 72 %, і повної біологічної стиглості – 46 %; насіння 60 % і 73 % відповідно.

Отже, правомірно стверджувати, що інтенсивність надходження у кореневі волоски рослин конопель посівних сполук кадмію (Cd) з ґрунтового розчину відбувається в результаті активного мембранного транспорту, тобто вимагає витрат енергії АТФ. Рівень освітленості (енергетичного забезпечення) рослин у процесі вегетації безпосередньо впливає на інтенсивність процесів фотосинтезу і синтез молекул АТФ. Відповідно за певного дефіциту енергії в цитоплазмі клітин кореневих волосків надходження сполук кадмію (Cd) було менше.

Так реагували на рівень освітлення з акумуляції кадмію (Cd) і рослини сорту Гляна, проте лише у фазу технічної стиглості, тоді як у фазу повної біологічної стиглості реакція рослин була зворотною: у вузькорядних посівах рослини цього сорту накопичували значно менше сполук кадмію (Cd) порівняно з рослинами, що вегетували у широкорядних посівах.

Такі закономірності дозволяють зауважити, що регулювання інтенсивності процесів акумуляції рослинами конопель посівних сполук кадмію (Cd) може бути досягнуте відповідними змінами елементів технології вирощування культури.

Представники хімічних елементів групи перехідних металів за роками досліджень вмісту у ґрунті та акумуляції до рослин мали ту саму тенденцію, що і попередні групи – найбільше їх зафіксовано у дослідах 2015 року, з подальшим кількісним зменшенням у 2016 та 2017 роках (додаток Д).

5.5. Вміст хімічних елементів групи лужних металів у ґрунті та акумуляція рослинами конопель

Далі об’єктами досліджень були хімічні елементи, які належать до групи рідкісних металів – лужних. Серед лужних металів, які досліджували лабораторно, були: рубідій (Rb), натрій (Na), калій (K) (додаток Д).

Хоча лужні метали значно поширені на Землі, у природі вони існують винятково у формі сполук завдяки високій хімічній відновлювальній активності.

Живі організми традиційно не містять сполук рубідію (Rb) у біологічних циклах, принаймні така потреба не відома. Однак живі клітини засвоюють іони рубідію (Rb) аналогічно до іонів натрію (Na). Рубідій (Rb) у природі дещо радіоактивний завдяки значному вмісту слабко радіоактивного ізотопу 87Rb [23, 24].

Рубідій (Rb) відносять до токсичних елементів 2-го класу небезпеки – речовини цього класу є високонебезпечними для людини: наприклад, до цього ж класу відносять сірчану кислоту і миш'як (As) [25].

За підвищеного вмісту сполук рубідію (Rb) спостерігається уповільнення росту і розвитку та скорочення терміну життя, однак для цього його потрібно приймати дуже багато – близько 1 000 мг на добу. Радіоактивний ізотоп рубідію (Rb) є небезпечним для здоров'я, проте з погляду спеціальних наук – радіобіології, радіаційної хімії та ін. [26].

Для рослин – лікарської сировини гранично допустимий коефіцієнт вмісту рубідію (Rb) не встановлений, проте, як було зазначено, живі організми не мають потреби в рубідії (Rb), а це означає, що його наявність в них може становити певну небезпеку. Відповідно такий хімічний елемент і його наявність у рослинній сировині заслуговують на увагу не лише радіобіологів, а й науковців, причетних до агрофітосектора.

За результатами трирічних досліджень установлено, що в ґрунті проведення досліджень наявність рубідію (Rb) досить значна: від 22,934 мг/кг до 29,384 мг/кг (табл. 5.5). Вивчаючи особливості транслокації цього елемента безпосередньо до рослини, необхідно відмітити, що на відміну від попереднього (стронцію (Sr)) рубідій (Rb) накопичувався в насінні конопель більше порівняно з тканинами стебел рослин. Різниця була досить суттєвою.

Таблиця 5.5.

Концентрація лужних металів (хімічна група) та їх сполук у ґрунті та рослин конопель посівних, середнє за 2015–2017 рр.

Елемент	Гляна				Глесія			
	стиглість							
	технічна		біологічна		технічна		біологічна	
	міжряддя, см							
	45	15	45	15	45	15	45	15
ґрунт, мг/кг								
Rb	27,765±0,002	29,384±0,005	26,700±0,002	28,626±0,003	22,934±0,001	26,858±0,012	29,114±0,008	28,874±0,006
Na	101,964±0,005	104,168±0,003	99,860±0,005	103,49±0,002	63,484±0,004	82,614±0,006	110,07±0,004	103,13±0,005
K	3280,44±0,004	3512,094±0,00	3297,95±0,00	3456,93±0,00	2670,816±0,001	2886,69±0,001	3639,8±0,001	3546,2±0,003
насіння, мг/кг								
Rb	9,6896+0,0075	8,120+0,002	8,6915+0,007	5,1071+0,004	9,9044+0,0050	7,967+0,002	7,0262+0,005	5,9735+0,005
Na	9,99±0,012	6,85±0,007	5,69±0,011	3,51±0,008	4,86±0,003	4,19±0,007	4,82±0,006	2,98±0,013
K	12219,7±0,003	12655,7±0,01	8373,2±0,004	7269,8±0,003	12537,9±0,003	11770,3±0,00	7339,4±0,004	7112,4±0,002
стебла, мг/кг								
Rb	4,021+0,004	3,484+0,007	3,664+0,009	2,656+0,007	3,553+0,002	3,491+0,007	2,662+0,008	2,578+0,004
Na	6, 559+0,008	7,684+0,002	32,262+0,013	46,873+0,017	7,025+0,013	12,962+0,011	44,037+0,002	44,853+0,002
K	6192,48+0,002	6647,6+0,002	4593,0+0,004	4381,02+0,01	6324,91+0,001	6381,816+0,0	4109,64+0,001	4660,6+0,001

Так, у насінні рослин сорту Гляна інтенсивність акумулювання за схемами варіанта досліджень на: а) 5,668 мг/кг; б) 4,636; в) 5,032; г) 2,451 мг/кг рубідію (Rb) більше порівняно з накопиченням у тканинах стебел. У насінні сорту Глесія інтенсивність акумулювання сполук рубідію (Rb) за схемами варіанту досліджень була: а) 6,35 мг/кг; б) 4,476; в) 4,364; г) 3,396 мг/кг більше порівняно з величиною концентрації у тканинах стебел рослин.

У рослинах обох сортів чітко простежується залежність величини накопичення сполук рубідію (Rb) від ширини міжрядь посівів рослин конопель посівних. За вузькорядних посівів (ширина міжрядь 15 см) накопичення хімічного елемента в середньому за роками досліджень в насінні та тканинах стебел було значно меншим порівняно з широкорядними посівами (ширина міжрядь 45 см). Відповідно показники рівня освітленості рослин культури в процесі вегетації проявляють безпосередній зв’язок з енергетичним рівнем і синтезом молекул АТФ та інтенсивністю засвоєння сполук рубідію (Rb) рослинами конопель посівних.

Порівняння за схемами варіантів дослідів у рослин конопель посівних сорту Гляна було таким: стебла за технічної стиглості накопичували сполук рубідію (Rb) на 86,6 % менше у посівах із шириною міжряддя 15 см порівняно з посівами з шириною міжряддя 45 см; за повної біологічної стиглості на 72,5 % відповідно.

У рослин сорту Глесія стебла за технічної стиглості накопичували сполук хімічного елемента на 98,3 % менше у посівах із шириною міжряддя 15 см порівняно з рослинами у посівах із шириною міжряддя 45 см; за біологічної стиглості – на 96,8 % відповідно. Тобто умови вегетації рослин культури,насамперед рівень світлового забезпечення та інтенсивність процесів фотосинтезу, проявляють свій вплив на інтенсивність процесів засвоєння сполук рубідію (Rb).

Насіння рослин сорту Гляна акумулювало у посівах із шириною міжряддя 15 см на 83,8 % рубідію (Rb) менше порівняно з посівами з шириною міжряддя

45 см за технічної стиглості; за повної біологічної стиглості на 85,0 % відповідно.

Отже, фактор режиму освітленості посівів конопель посівних на їх здатність засвоювати сполуки рубідію (Rb) був суттєвим. Він перевищував частку сортової залежності процесів інтенсивності засвоєння рослинами культури таких сполук у дослідах. Саме тому для вирощування конопель посівних із метою отримання екологічно безпечної продукції спосіб сівби і режим енергетичного забезпечення рослин є вагомим фактором, який необхідно враховувати.

Серед лужних металів, крім рубідію (Rb), із вмісту яких проводили лабораторні аналізи, були: натрій (Na), калій (K) . Хоча лужні метали надзвичайно поширені на Землі, у природі вони існують винятково у формі сполук завдяки високій хімічній відновлювальній активності.

Як натрій (Na), так і калій (K) проявляють близькі, проте не ідентичні хімічні властивості. У біологічних тканинах сполуки та іони натрію (Na) і калію (K) виконують взаємно доповнювальні функції. Передусім співвідношення рівнів концентрації іонів калію (K) у цитоплазмі клітин та натрію (Na) в апопласті рослин (у людини і тварин у плазмі крові та лімфі) змінює проникність біологічних мембран клітин і активність транслокації через такі біологічні бар’єри сполук як інших хімічних елементів, так і органічних речовин.

У рослинах у процесі їх вегетації сполуки та іони натрію (Na) та калію (K) відіграють важливу роль у формуванні відповідного осмотичного тиску як у цитоплазмі клітин, так і в провідних системах рослин, і в засвоєнні води з ґрунту. Калій (K) належить до групи макроелементів ґрунту, які становлять основу продуктивності рослинних асоціацій і досягають рівня не менше 0,1 % відносно їх маси.

Цей хімічний елемент бере активну участь в обмінних процесах, сприяє формуванню і транслокації вуглеводів і синтезу білків, а також прискорює

процеси дозрівання, зміцнення механічних тканин у стеблових рослин. Рослини з нестачею калію (К) – низькорослі, з нерозвинутою кореневою системою, їх листки покриваються характерними плямами, скручені та сухі з країв. Урожайність у більшості видів рослин за нестачі калію (К) – низька [27].

Надзвичайно важливим є дослідження впливу забезпеченості ґрунту на засвоєння рослинами низки елементів, проте підвищене внесення калію (К) (на 50–60% вище необхідного мінімуму) уповільнює засвоєння сполук хрому рослинами.

Результати аналізу вмісту сполук натрію (Na) та сполук (К) в орному шарі ґрунту на ділянках, де проводили дослідження (посіви з міжряддями шириною 45 см), показують, що на час досягнення технічної стиглості рослин конопель посівних сорту Гляна наявність сполук натрію була в середньому 101,964 мг/кг, що у 32,2 раза менше порівняно з наявністю сполук калію (К) (табл. 5.5). На ділянках посівів із шириною міжрядь 15 см у ґрунті наявність сполук натрію (Na) була 104,168 мг/кг, що на 33,7 % менше порівняно з наявністю сполук калію (К). Тобто вихідна концентрація в ґрунтовому поглинальному комплексі сполук натрію (Na) і калію (К) була різною. Необхідні для забезпечення життєдіяльності рослин конопель посівних обсяги сполук натрію (Na) і калію (К) були різними. Отже, і концентрація таких лужних металів у насінні рослин культури сорту Гляна була неоднаковою. Потреба рослин у сполуках калію (К) (макроелемента) істотно перевищує обсяги сполук натрію (Na) (мікроелементу). У конопель посівних у насінні рослин, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, концентрація сполук натрію (Na) була в середньому на рівні 9,99 мг/кг, а сполук калію (К) відповідно 12219,7 мг/кг. Тобто обсяги наявності сполук калію (К) у 1223,2 раза перевищували наявність сполук натрію (Na). Роль кожного з лужних металів у біохімізмі рослин культури специфічна і незамінна, проте обсяги потреби різні.

Умови вегетації рослин конопель посівних, передусім рівень їх освітленості в період активного росту і розвитку, проявляли відчутний вплив на

здатність засвоювати і концентрувати сполуки лужних металів у насінні на час технічної стиглості. Рослини культури сорту Гляна, що були вирощені у посівах із шириною міжрядь 45 см накопичували в насінні 9,99 сполук Na (100 %). Водночас концентрація сполук Na у насінні рослин, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см, була на рівні 6,85 або 68,6 %.

Різниця величин є достовірною і може бути пояснена лише відмінностями у рівні освітленості рослин культури в період їх вегетації. Тобто кращий рівень освітлення листків рослин конопель посівних у процесі вегетації сприяє посиленню здатності засвоювати сполуки натрію (Na) з ґрунту [28].

На обсяги засвоєння і накопичення сполук калію (К) у насінні культури інтенсивність освітлення листків впливала несуттєво. Концентрація калію (К) в насінні сорту Гляна, що вегетували з міжряддями 15 см, на час досягнення технічної стиглості становила 12655,7 мг/кг, або 103,6 % від показників насіння з рослин, що вегетували з міжряддями 45 см.

До часу досягнення рослинами конопель посівних сорту Гляна повної біологічної стиглості за умов вегетації в посівах із міжряддями 45 см акумуляція сполук натрію (Na) знизилась до рівня 5,69 мг/кг, або 56,9 % від величини показників попереднього обліку.

Знижувалась і величина концентрації сполук калію (К) у насінні культури до 8373,2 мг/кг, або до 68,5 % від показників попередніх обліків. Таке зниження наявності сполук калію (К) вірогідно є результатом втрати вологи насінням у процесі достигання. Необхідність утримувати відповідні обсяги води знижується, а відповідно зменшується і наявність гідрофільних сполук калію (К) у тканинах насіння.

Насіння культури рослин, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см, на час досягнення біологічної стиглості акумуляція сполук натрію (Na) було на рівні 3,51 мг/кг або знижувалось до 51,2 % від величини концентрації на час проведення попереднього аналізу.

Концентрація сполук калію (К) у такому насінні конопель посівних теж відповідно знижувалась до 7269,8 мг/кг, або до 57,4 % від показників наявності на час здійснення попередніх аналізів.

Аналіз особливостей акумуляції сполук натрію (Na) в період технічної стиглості рослин конопель посівних іншого сорту – Глесія, виявив істотні відмінності у величині їх концентрації в насінні, проте у подібних закономірностях. У середньому вміст сполук натрію (Na) в насінні сорту Глесія з рослин, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, був на рівні 4,86 мг/кг, тобто у 2,1 раза менше порівняно з рослинами сорту Гляна за таких самих умов вегетації. Якщо такі величини порівняти з показниками концентрації сполук натрію (Na) в насінні сорту Гляна, то вони будуть становити лише 48,6 %. Насіння рослин сорту Глесія, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, акумулювали сполуки натрію (Na) в кількості 4,19 мг/кг, або 86,2 % від величини накопичення в насінні рослин того самого сорту, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см. Отже, зниження рівня освітленості листків рослин у процесі вегетації призводило до зменшення засвоєння сполук натрію (Na) на 13,8 %. На показники концентрації сполук натрію (Na) в насінні на час настання технічної стиглості у рослин конопель посівних проявляли вплив і сортові особливості. Насіння з рослин сорту Глесія концентрували у своїх тканинах лише 61,2 % обсягів накопичення сполук (Na) у насінні сорту Гляна.

З результатів лабораторних аналізів випливає, що накопичення сполук Na у насінні конопель посівних на час технічної стиглості рослин культури було підпорядковане певним закономірностям, які залежали як від рівня освітленості рослин у посівах під час процесів вегетації, так і від сортової специфіки.

На час досягнення повної біологічної стиглості конопель посівних сорту Гляна з рослин, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, концентрували в насінні сполук натрію (Na) 5,69 мг/кг, або їх наявність

порівняно з попереднім аналізами (у фазу технічної стиглості) знижувалась до 56,9 %.

У посівах із шириною міжрядь 15 см у фазу повної біологічної стиглості накопичення сполук натрію (Na) було на рівні 3,51 мг/кг, тобто така величина становила 51,2 % від величини концентрації, яка була у фазу технічної стиглості. Наявність сполук натрію (Na) в насінні конопель посівних у процесі достигання поступово знижувалась. Ширина міжрядь посівів у процесі завершення вегетації рослин на зміну концентрації вмісту сполук натрію (Na) в насінні сорту Гляна проявляла незначний вплив.

У насінні рослин конопель посівних, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, у сорту Глесія в період повної біологічної стиглості концентрація сполук натрію (Na) була 4,82 мг/кг або майже не змінювалась порівняно з величиною на час настання технічної стиглості.

У насінні рослин конопель посівних сорту Глесія в період повної біологічної стиглості, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см, вміст сполук натрію (Na) становив 2,98 мг/кг, або лише 71,1 % від величини акумуляції в період технічної стиглості. Тобто у процесі достигання насіння наявність у ньому сполук натрію (Na) поступово зменшувалась.

На величину накопичення сполук натрію (Na) в насінні конопель посівних у період повної стиглості впливав рівень освітленості рослин у процесі їх вегетації. У насінні сорту Глесія вміст сполук натрію (Na) за умов кращого рівня освітлення був 4,82 мг/кг (ширина міжрядь 45 см), а за умов слабшого освітлення (ширина міжрядь 15 см) вміст сполук натрію (Na) був на рівні 2,98 мг/кг, або лише 61,8% від рівня попереднього показника.

На величину накопичення в насінні сполук натрію (Na) впливали і сортові особливості рослин конопель посівних. Якщо порівняти концентрацію сполук натрію (Na) в насінні рослин культури, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см сортів Гляна і Глесія, то у насінні сорту Глесія концентрація

сполук натрію (Na) становила лише 84,9 % порівняно з показниками концентрації в насінні сорту Гляна.

Щодо величини акумуляції сполук Na у тканинах стебел конопель, то було встановлено таку закономірність. Здатність рослин культури концентрувати сполуки Na у стеблах на час біологічної стиглості була більш визначеною. Зниження рівня освітленості рослин культури в посівах у процесі їх вегетації сприяло підвищенню вмісту у стеблах сполук Na. У рослин сорту Гляна, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см, величина накопичення сполук Na була 46,873 мг/кг, або досягала 149,3 % від показників рослин культури, що вегетували з шириною міжрядь 45 см. У рослин сорту Глесія подібна тенденція зберігалась, проте різниця величин накопичення сполук Na у стеблах була істотно меншою: 101,1 %. Різні сорти проявляли свою індивідуальну реакцію у здатності накопичувати сполуки Na у тканинах стебел залежно від енергетичних (світлових) умов вегетації.

На відміну від лужного металу натрію (Na), що є мікроелементом, інший лужний метал – калій (К) є макроелементом. Сполуки калію (К) в насінні конопель посівних сорту Гляна в період повної біологічної стиглості з посівів, що мали ширину міжрядь 45 см, формували концентрацію 8373,2 мг/кг. Така концентрація була меншою порівняно з показниками акумуляції сполук калію (К) у фазу технічної стиглості на 31,5 %. Оскільки калій (К) і його сполуки проявляють високий рівень гідрофільності, то у процесі достигання вміст вологи в тканинах насіння знижується, відповідно зменшується і потреба клітин у гідрофільних сполуках.

У насінні конопель посівних рослин, що вегетували з міжряддями 15 см, у фазу повної біологічної стиглості вміст сполук калію (К) був 7269,8 мг/кг. Величина акумуляції сполук калію (К) у такому насінні порівняно з величиною, яка була зафіксована у фазу технічної стиглості, була меншою на 42,6 %.

У насінні культури сорту Глесія рослин, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, на період повної біологічної стиглості акумуляція сполук

калію (К) була 7339,4 мг/кг, тобто наявність сполук калію (К) порівняно з величиною накопичення у фазу технічної стиглості ставала меншою на 41,4 %.

Насіння різних сортів конопель посівних у період повної біологічної стиглості проявляло неоднакову здатність акумуляції сполук калію (К) у своїх тканинах. У насінні сорту Гляна вміст сполук калію (К) був вищим порівняно з акумуляцією їх у насінні сорту Глесія на 12,4 %. Тобто сортові особливості здатні суттєво впливати на величину накопичення сполук калію (К) в насінні конопель посівних.

Вплив ширини міжрядь у посівах конопель посівних і відповідно різні режими світлового (енергетичного забезпечення рослин культури у процесі їх вегетації) на величину акумуляції сполук калію (К) у насінні в період повної біологічної стиглості був несуттєвим.

Серед господарських характеристик найбільш цінною частиною рослин конопель посівних є їх стебла, насамперед їх луб'яні волокна. Стебла у рослин конопель посівних типові для трав'янистих рослин. Саме луб'яні волокна (механічні тканини – склеренхіми) є своєрідним арматурним каркасом, що надає стеблам і рослинам необхідної міцності і жорсткості (ригідності).

Вміст сполук натрію (Na) у стеблах рослин культури сорту Гляна за досягнення технічної стиглості у посівах із шириною міжрядь 45 см становив у середньому 6,559 мг/кг, проте рослини, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, тобто мали нижчий рівень освітленості листків, акумулювали у стеблах 7,684 мг/кг сполук (Na). Отже, рослини одного сорту за різного режиму освітленості по-різному накопичували сполуки такого мікроелемента в тканинах стебел. Різниця концентрації становила в середньому 17,2 %. Накопичення сполук натрію (Na) у стеблах рослин сорту Гляна було вищим за умов меншого рівня освітленості.

Величина акумуляції сполук натрію (Na) у стеблах рослин конопель посівних у фазу технічної стиглості залежала також і від специфіки сортів, що були використані в дослідах. У посівах із шириною міжрядь 45 см накопичення

сполук натрію (Na) у стеблах рослин сорту Гляна було 6,559 мг/кг, а сорту Глесія – 7,025 мг/кг, або 107,1%.

Ще вища різниця особливостей акумуляції сполук натрію (Na) у стеблах рослин різних сортів за умов вегетації в посівах із шириною міжрядь 15 см.

Якщо у фазу технічної стиглості рослини сорту Гляна акумулювали в тканинах стебел у середньому 7,684 мг/кг, то у стеблах сорту Глесія – 12,962 мг/кг, або 165,1 % сполук натрію (Na). Різниця показників концентрації сполук натрію (Na) у стеблах досить велика, щоб її можна було віднести до похибки дослідів. Отже, вона є достовірною.

У період досягнення повної біологічної стиглості рослин конопель посівних акумуляція у стеблах сполук натрію (Na) мала свої особливості.

У рослин сорту Гляна за ширини міжрядь 45 см вміст сполук натрію (Na) у стеблах зростав до 32,262 мг/кг, тобто концентрація порівняно з попереднім аналізом зростала у 4,9 раза. У посівах із шириною міжрядь 15 см акумуляція сполук натрію (Na) у стеблах рослин культури сорту Гляна у фазу повної стиглості була на рівні 46,873 мг/кг, або зростала у 6,1 раза. Тобто зниження рівня освітленості рослин культури у процесі їх вегетації з міжряддями 15 см сприяло більшій концентрації сполук натрію (Na) у тканинах стебел.

Акумуляція сполук натрію (Na) у стеблах рослин сорту Глесія за досягнення повної біологічної стиглості мала свої особливості. Рослини культури, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, накопичували у тканинах стебел 7,025 мг/кг сполук натрію, проте в посівах із шириною міжрядь 15 см акумуляція була істотно вищою і досягала 12,962 мг/кг у тканинах стебел, або перевищувала показники у рослин із широкими міжряддями у 1,86 раза. Здатність акумулювати у тканинах стебел сполуки натрію (Na) у рослин різних сортів істотно відрізнялась.

Рослини сорту Гляна в посівах із шириною міжрядь 15 см за досягнення повної біологічної стиглості акумулювали сполук натрію (Na) у тканинах стебел 46,873 мг/кг, а у стеблах сорту Глесія – 44,853 мг/кг, або 95,6 %.

Аналізуючи особливості акумуляції сполук натрію (Na) у тканинах стебел рослин конопель посівних у фазу повної біологічної стиглості, ми відмітили деякі закономірності.

На величину акумуляції сполук натрію (Na) в насінні рослин культури у фазу технічної стиглості впливали рівень освітленості рослин у процесі їх вегетації та сортові особливості самих рослин. За досягнення рослинами культури повної біологічної стиглості вміст сполук натрію (Na) в насінні знижувався порівняно з попередніми аналізами. Насіння сорту Глесія акумулювало сполуки натрію (Na) менш інтенсивно порівняно з насінням сорту Гляна.

Акумуляція сполук натрію (Na) у тканинах стебел рослин конопель посівних змінювалась у процесі їх органогенезу. У фазу технічної стиглості рослин сорту Гляна, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, вміст сполук натрію (Na) у тканинах стебел становив 6,559 мг/кг, до настання повної біологічної стиглості показник акумуляції сполук натрію (Na) у стеблах зростав і досягав у середньому 32,262 мг/кг, або збільшувався в 4,9 раза.

Динаміка зміни показників акумуляції сполук натрію (Na) у стеблах рослин конопель посівних того ж самого сорту Гляна залежить і від рівня освітленості листків у процесі вегетації. Різний рівень освітленості рослин у дослідах був завдяки вирощуванню посівів культури з різною шириною міжрядь.

У посівах із шириною міжрядь 15 см (знижений рівень освітленості листків унаслідок більш інтенсивного взаємного затінення рослин) загальний вектор змін рівня акумуляції сполук натрію (Na) у стеблах мав подібні до попередніх варіантів закономірності, проте величини накопичення були іншими. У період технічної стиглості у стеблах рослин культури вміст сполук натрію (Na) був 7,684 мг/кг, або 117,2 % від показників у рослин, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см. До настання повної біологічної стиглості у

стеблах конопель посівних акумуляція сполук натрію (Na) підвищувалась до 46,873 мг/кг, або у 6,1 раза.

Вегетація рослин культури з різною шириною міжрядь і відповідно різним рівнем освітленості листків впливала на процеси акумуляції сполук натрію (Na) з різною інтенсивністю. У рослин, що мали нижчий рівень освітленості, інтенсивність накопичення сполук натрію (Na) у тканинах стебел була суттєво вищою. За ширини міжрядь 45 см показники акумуляції сполук натрію (Na) у тканинах стебел рослин сорту Гляна збільшувалися у 4,9 раза, а з шириною міжрядь 15 см – у 6,6 раза.

Рослини іншого сорту конопель посівних, які були використані в дослідах, проявляли свою специфіку акумуляції сполук натрію у тканинах стебел. У фазу технічної стиглості рослини сорту Глесія за вегетації в посівах із шириною міжрядь 45 см накопичували у тканинах стебел 7,025 мг/кг сполук натрію (Na), або 107,1 % порівняно з рослинами сорту Гляна. До фази повної біологічної стиглості показник акумуляції сполук натрію (Na) у стеблах рослин сорту Глесія досягав 44,037 мг/кг, або зростав порівняно з попередніми результатами аналізів у 6,3 раза. Вирощування рослин культури сорту Глесія в посівах із шириною міжрядь 15 см сприяло істотному підвищенню показників накопичення сполук натрію (Na) у тканинах стебел. У середньому вміст сполук натрію (Na) у фазу технічної стиглості був 12,962 мг/кг, або 184,5 % порівняно з показниками акумуляції в рослин того самого сорту, що вегетують з міжряддями 45 см.

За досягнення рослинами сорту Глесія, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, повної біологічної стиглості концентрація сполук натрію (Na) зростала до 44,037 мг/к, або більшувалася у 6,3 раза порівняно з попередніми результатами аналізів. У рослин сорту Гляна, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, величина акумуляції сполук натрію (Na) у тканинах стебел була 32,262 мг/кг, а в рослин сорту Глесія відповідно

44,037 мг/кг, або 136,5 % від попереднього показника. Сортові особливості акумуляції сполук натрію (Na) достатньо вагомі.

Тенденція до підвищення показників акумуляції сполук натрію (Na) у тканинах стебел за умов зниження інтенсивності освітленості листків рослин культури в посівах із міжряддями 15 см проявлялась і в рослин сорту Глесія.

Калій (К), як відомо, є макроелементом, що проявляє значний вплив на процеси росту і розвитку всіх вищих рослин, зокрема і рослин конопель посівних.

У орному шарі ґрунту на ділянках, де проводили дослідження особливостей акумуляції рослинами конопель посівних мінеральних речовин, наявність сполук калію (К) була в межах від 2670,816 до 3639,8 мг/кг.

Фізіологічні дослідження рослин різних видів і особливості засвоєння ними сполук калію (К) доводять, що з усіх мікроелементів (N; P та ін.) саме сполуки калію (К) найменше залежать від рівня енергетичного (світлового) забезпечення рослин у процесі вегетації. У процесі дослідження особливостей засвоєння та акумуляції сполук різних хімічних елементів у частинах рослин конопель посівних калій (К) не був винятком і теж був об’єктом вивчення.

Господарсько важливими частинами рослин конопель посівних, як зазначалось вище, є луб’яні волокна їх стебел і насіння. Тому саме вони були головними об’єктами досліджень особливостей акумуляції хімічних елементів у тканинах рослин.

У фазу настання технічної стиглості рослин культури, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, у насінні сорту Гляна концентрація сполук калію (К) становила в середньому 12219,7 мг/кг. Вирощування рослин культури того самого сорту в посівах із шириною міжрядь 15 см (рівень освітленості рослин конопель був нижчим порівняно з попереднім варіантом) приводило до підвищення рівня акумуляції сполук калію (К) у насінні конопель посівних. Вміст сполук калію (К) був 12655,7 мг/кг, або 103,6 % порівняно з показниками акумуляції в насінні рослин попереднього варіанта.

Отже, зниження рівня освітленості листків рослин культури не призводило до зниження інтенсивності засвоєння сполук калію (К) з ґрунту. Тенденція була протилежною.

Досягнення рослинами конопель посівних повної біологічної стиглості істотно змінювало показники наявності сполук калію (К) у тканинах насіння рослин сорту Гляна. Насіння рослин культури, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, у процесі достигання знижувало показники акумуляції сполук калію (К) до 8373,2 мг/кг, або порівняно з попередніми аналізами на 31,5 %. Насіння рослин, що вегетували у посівах із шириною міжрядь 15 см, теж знижувало вміст у своїх тканинах сполук калію (К). Їх наявність становила 7269,8 мг/кг, або 42,6 %, тобто процес зниження показників концентрації сполук калію (К) у насінні в період достигання рослин був навіть інтенсивнішим порівняно з попереднім варіантом.

Проведення аналогічних досліджень рослин сорту Глесія виявило відповідні сортові особливості акумуляції сполук калію (К). Рослин культури, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, до фази досягнення технічної стиглості накопичували в насінні 12537,9 мг/кг, або 102,6 % порівняно з показниками у рослин сорту Гляна.

У посівах рослин сорту Глесія з шириною міжрядь 15 см тканини насіння акумулювали сполук калію (К) 11770,3 мг/кг, тобто показник акумуляції лише частково поступався рослинам, що вегетували в посівах із широкими міжряддями (45 см).

За досягнення повної стиглості рослин конопель посівних сорту Глесія наявність сполук калію (К) у тканинах їх насіння знижувалась до 7339,4 мг/кг, або становила 58,5 % від величини акумуляції на час проведення попереднього аналізу.

Насіння рослин, які вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см, за досягнення рослинами повної стиглості містило сполук калію (К) 7112,4 мг/кг,

або знижувало показник акумуляції порівняно з попередніми аналізами до 60,4 %.

Найбільш важливою продукцією, яку дають людині коноплі посівні, є луб'яні волокна, що формуються у стеблах рослин культури. Особливості акумуляції сполук калію (К) у тканинах стебел рослин культури були одним із досліджуваних питань.

У рослин культури сорту Гляна, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, на час досягнення технічної стиглості у тканинах стебел акумуляція сполук калію (К) становила в середньому 6192,48 мг/кг. На посівах з меншою шириною міжрядь (15 см) рослини конопель посівних накопичували у тканинах стебел 6647,6 мг/кг, тобто зниження рівня освітленості листків рослин культури не перешкоджало засвоєнню рослинами сполук калію (К). Величина накопичення становила 107,4 % від показника попереднього варіанта.

До настання повної біологічної стиглості рослин конопель посівних величина показників акумуляції сполук калію (К) у тканинах стебел знижувалась на всіх варіантах дослідів. У рослин сорту Гляна, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, показник акумуляції сполук калію (К) знижувався до 4593,0 мг/кг, або на 25,8 % від попереднього показника.

Зменшення ширини міжрядь у посівах до 15 см призводило до зниження показника акумуляції сполук калію (К) у тканинах стебел і за повної біологічної стиглості рослин становило 34,1 % від попереднього рівня, або 4381,02 мг/кг. Значних відмінностей у показниках акумуляції сполук калію (К) у стеблах рослин сортів, що були використані в дослідах, зафіксовано не було.

У рослин конопель посівних сорту Глесія, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 45 см, акумуляція сполук калію (К) у тканинах стебел у фазу технічної стиглості досягала 6324,19 мг/кг, а у рослин, що вегетували у посівах із шириною міжрядь 15 см – 6381,816 мг/кг. Закономірність здатності засвоювати з ґрунту сполуки калію (К) незалежно від рівня інтенсивності

освітлення рослин культури рослинами сорту Гляна підтверджена і рослинами сорту Глесія.

За настання повної біологічної стиглості у тканинах стебел рослин конопель посівних сорту Гляна накопичення сполук калію (К) було меншим порівняно з показниками попередніх аналізів і становило 4593,0 мг/кг (74,2 %). Стебла рослин, що вегетували з міжряддями шириною 15 см, накопичували в тканинах 4381,02 мг/кг сполук калію (К). Тобто показник акумуляції таких речовин знизився порівняно з попередніми результатами аналізів до 65,9 %.

У рослин конопель посівних сорту Глесія закономірності змін концентрації сполук калію (К) у процесі повного біологічного достигання у тканинах стебел виявили певну специфіку. Вегетація рослин у посівах із міжряддями 15 см (за умов зниженої інтенсивності рівня освітленості) приводить до більш високих показників акумуляції сполук калію (К).

Різниця між показниками у рослин, що вегетували з широкими (45 см) і вузькими (15 см) міжряддями в посівах становила 113,4 %.

Наступний представник неорганічних елементів – цезій, який належить до групи лужних металів, за результатами лабораторних аналізів сильно відрізнявся від попередньо описаних елементів акумуляцією його сполук у рослинах конопель.

Загальна кількість стабільного цезію (Cs) була низькою, що не дозволило отримати доступні для порівняння результати його вмісту. Загалом, мінімальна кількість елемента в грунтах Лісостепу погоджується із даними інших дослідників [29]. Вміст цього елемента в довкіллі регламентується законодавством України [30] та країн ЄС [31, 32].

5.6. Характер акумуляції коноплями хімічних елементів групи напівметалів

З групи напівметалів (металоїди) у дослідах щодо визначення акумуляції неорганічних елементів рослинами конопель посівних вивчали два її представники – бор (B), миш'як (As) та їх сполуки (додаток Д).

Щодо бору (B), то він є важливим мікроелементом, необхідним для нормальної життєдіяльності рослин. Бор (B) підвищує стійкість до бактеріальних і грибкових хвороб, відіграє важливу роль у формуванні генеративних органів і запліднені квіток. В умовах достатньої забезпеченості бором збільшується відсоток зав'язування плодів. Також бор (B) потрібен для розвитку меристеми, відіграє важливу роль у поділі клітин і синтезі білків, є необхідним компонентом клітинної оболонки, входить до складу фосфоглюконатів.

За участю сполук бору здійснюється метаболізм і транспортування вуглеводів, особливо сахарози, ростових речовин і аскорбінової кислоти з листків до плодів; синтез нуклеїнових кислот; утилізація фосфатів.

Разом з урожаєм культурних рослин гектар ґрунту щорічно збіднюється на 10 г бору. Особливо активно поглинають його коренеплоди і кормові трави.

Недостатня кількість бору у рослин зупиняє їх розвиток, спричиняє різні хвороби. Як наслідок, порушуються окислювальні та енергетичні процеси у тканинах, знижується біосинтезу необхідних речовин. При дефіциті бору в ґрунті в сільському господарстві застосовують виборні мікродобрива (борна кислота, бура та ін.), що підвищує врожай, поліпшує якість продукції і запобігає захворюваням рослин [38].

Щодня з їжею людина отримує 1–3 мг бору, токсична доза – 4 г [39].

Вміст бору в рослинах становить 0,001 % (за масою сирої сировини). За надлишку бору в рослин проявляється низькорослість.

Отже, як свідчать наявні літературні дані, бор є важливим елементом у структурі росту й розвитку рослин, проте, як і більшість хімічних елементів, за

невідповідної його кількості має негативний вплив як на рослини, так і на здоров’я людини.

За результатами трирічних досліджень в орному шарі ґрунту вирощування рослин конопель посівних бору та його сполук було в середньому за схемами варіантів дослідів 10,20 мг/кг. Це істотна кількість, але це набагато менше порівняно з акумуляцією цього елемента насінням конопель (табл. 5.6).

Так, насіння рослин конопель акумулювало в середньому за роками досліджень бору та його сполук від 9,40 мг/кг до 15,99 мг/кг, тоді як у ґрунті на цих самих варіантах досліду (за технічної стиглості у широкорядних посівах рослин сортів Глесія і Гляна) його вміст становив від 8,563 до 12,774 мг/кг, що на 79,9 % та 91,1 % менше від вмісту в насінні. Таку особливість акумулювати вміст неорганічних елементів у тканинах рослин більше порівняно з їх вмістом у ґрунті спостерігали не часто у дослідах, проте для бору та його сполук вона властива.

Рівень освітленості рослин (світловий режим посівів) впливав на інтенсивність акумуляції сполук бору (B) у насінні конопель у дослідах лише на варіантах із сортом Гляна, тоді як на інших варіантах умови вегетації рослин культури (площа живлення та фази достигання) не проявились у всі роки досліджень (додаток К). У широкорядних посівах рослини сорту Гляна накопичували у насінні на 5,35 і 2,04 мг/кг (залежно від фази достигання) цього хімічного елемента більше порівняно з вузькорядними посівами.

Сортова відмінність з накопичення бору та його сполук у насінні конопель чітко простежується на всіх варіантах досліджень. Рослини сорту Гляна акумулювали його набагато більше порівняно з рослинами сорту Глесія.

У фазу технічної стиглості рослин конопель посівних у посівах із міжряддям шириною 45 см ця різниця становила 5,34 мг/кг, або 83 %; з міжряддям 15 см – 11,6 мг/кг, або 66 %.

Таблиця 5.6

Концентрація бору (B) та миш'яку (As) (напівметалів) та їх сполук у ґрунті та рослин конопель посівних, середнє за 2015–2017 рр.

Елементи	Гляна				Глесія			
	стиглість							
	технічна		біологічна		технічна		біологічна	
	міжряддя, см							
	45	**15**	**45**	**15**	**45**	**15**	**45**	**15**
ґрунт, мг/кг								
B	12,774±0,004	10,409±0,004	10,170±0,002	10,085±0,004	8,563±0,001	8,752±0,003	10,495±0,004	10,374±0,005
As	4,337±0,003	4,564±0,001	4,860±0,004	4,211±0,005	4,045±0,004	4,370±0,002	4,532±0,002	4,289±0,002
насіння, мг/кг								
B	15,99±0,009	10,64±0,006	13,84±0,001	11,80±0,004	9,40±0,001	9,75±0,003	11,18±0,003	12,21±0,005
As	0,015+0,026	0,007+0,027	0,008+0,016	0,0064+0,034	0,0058+0,0852	0,0048+0,017	0,0041+0,097	0,0064+0,027
стебла, мг/кг								
B	7,451+0,002	8,608+0,003	7,987+0,009	7,112+0,009	6,743+0,003	6,376+0,006	6,403+0,010	7,573+0,005
As	0,012+0,019	0,010+0,069	0,009+0,066	0,004+0,034	0,003+0,101	0,010+0,028	0,008+0,061	0,010+0,020

На сенільному етапі органогенезу, коли рослини культури закінчують свою вегетацію, насіння конопель посівних сорту Гляна, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, концентрували у своєму насінні 13,84 сполук В (100 %). Зменшення ширини міжрядь до 15 см забезпечувало зниження концентрації сполук В (бору) в насінні до 11,8 або 85,5 % від вмісту сполук у насінні культури у попередньому варіанті досліду.

У фазу біологічної стиглості проявляється специфічна реакція рослин конкретного сорту. У посівах із міжряддям 45 см міжсортова різниця з накопичення бору (В) становила 9,63 мг/кг, або 71 %; з міжряддям 15 см відповідно – 0,7 мг/кг, або 97 %.

Величина накопичення сполук В (бору) в насінні рослин сорту Глесія була близькою до показників у насінні сорту Гляна, проте вплив рівня освітленості рослин під час вегетації виявився іншим. Рослини, що вегетували з широкими міжряддями (45 см), накопичували в насінні сполук В на 9,2 % менше порівняно з посівами шириною міжрядь 15 см. Відповідно зниження рівня освітленості рослин конопель посівних сорту Глесія сприяло підвищенню накопичення сполук В у їх насінні.

Тканини стебел накопичували бору та його сполук набагато менше порівняно з насінням, проте спостерігали сортову відмінність – у рослин сорту Гляна був вищий відсоток хімічного елемента порівняно з сортом Глесія.

Зміни етапів органогенезу рослин конопель посівних суттєво впливали на специфіку накопичення сполук важких елементів у стеблах культури.

Сполуки В (бору) у стеблах у фазу технічної стиглості сорту Гляна з міжряддями 45 см досягали 7,451, а з міжряддями 15 см відповідно 8,608 мг/кг, або на 116,0% більше.

Проте на посівах із використанням сорту Глесія концентрація сполук В у стеблах рослин проявляла протилежні показники. Стебла рослин, що вегетували з міжряддями 45 см, накопичували у фазу технічної стиглості

6,743 мг/кг, а в посівах із шириною міжрядь 15 см відповідно 6,376 мг/кг або 94,6 %.

Така різниця в концентраціях сполук В доводить, що рослини різних сортів здатні проявляти специфічну вибірковість у засвоєнні подібних сполук.

Чіткої тенденції змін концентрації сполук В у стеблах залежно від рівня освітленості рослин культури в період технічної стиглості зафіксовано не було.

На час повного достигання рослин (сенільний етап органогенезу) величини концентрації сполук В (бору) у стеблах рослин сорту Гляна змінились. У рослин, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, величина накопичення сполук В досягала 7,987 мг/кг, а у рослин, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, вона була 7,112 мл/кг, тобто величина накопичення сполук В у тканинах стебел за умов менш інтенсивного освітлення рослин культури досягала 89,1 % величини, що була у стеблах рослин, які вегетували з шириною міжрядь 45 см.

Водночас у рослин сорту Глесія було зафіксовано протилежну закономірність змін величини накопичення сполук В. У стеблах рослин, що вегетували з шириною міжрядь 15 см, величина накопичення була 7,573 мг/кг, або перевищувала показники у стеблах рослин із посівів, що мали міжряддя 45 см, на 118,3 %. Тобто на величину накопичення сполук В у тканинах стебел у період повної стиглості конопель посівних суттєво впливали сортові особливості рослин культури.

Результати досліджень ще одного представника з групи напівметалів – миш’яку (As) показали велику різницю з попереднім хімічним елементом – бором щодо акумуляції його у рослинах конопель.

Миш’як є одним із найдавніших елементів, які використовує людина, і одним із небагатьох, що зустрічаються у природі у вільному вигляді. Миш’як і всі його сполуки отруйні. ГДК у повітрі для миш’яку 0,5 мг/м³ [40].

Миш’як (As) – канцерогенний хімічний елемент, по відношенню до рослин його відносять до групи елементів слабкого накопичення і середнього

захоплення [41]. Його біохімічна роль практично не вивчена, тому повинна бути предметом спеціального дослідження. Оскільки рослини – це частина трофічного ланцюга, то і дослідження рівня накопичення у них миш'яку є актуальними. Рослинний кларк As становить 0,2 мг/кг, ГДК As у харчових продуктах – 0,2 мг/кг [42].

Концентрація As у рослинах на незабруднених ґрунтах, за даними Гамаюрова В. С. [40], – 0,01–5 мг/кг, за іншими джерелами вона варіює в межах 0,009 – 1,5 мг/кг. Критична концентрація в листках для сільськогосподарських культур, що знижують продуктивність на 10 %, дорівнює 20 мг/кг [43].

Отже, дослідження з визначення вмісту цього хімічного елемента та характер акумуляції рослинами конопель посівних є визначальними фактором.

За результатами трирічних досліджень в орному шарі ґрунту вирощування рослин конопель посівних наявність миш'яку було зафіксовано аналітичними приладами в середньому за схемами варіантів дослідів 4,40 мг/кг. Це на 5,802 мг/кг менше від показників іншого представника цієї хімічної групи – бору (B).

Особливістю накопичення миш'яку (As) у частинах рослин конопель є те, що на більшості варіантів досліду саме насіння акумулювали його вищий відсоток порівняно з тканинами стебел. Найменше його було зафіксовано у тканинах стебел сорту Глесія за технічної стиглості у широкорядних посівах 0,003 мг/кг. Найбільше за варіантами досліджень хімічного елемента накопичувало насіння конопель сорту Гляна за технічної стиглості у широкорядних посівах 0,015 мг/кг. Різниця вмісту миш'яку в рослинах конопель крайніх порогів за варіантами досліду становить 20 %.

Зауважимо, що чітко проявилися за всіма роками досліджень сортові особливості з акумуляції хімічного елемента у тканинах рослин. Так, рослини сорту Гляна майже на всіх варіантах досліджень накопичували As вищий відсоток порівняно з рослинами сорту Глесія. Винятком були результати аналізу рослин сортів у вузькорядних посівах (міжряддя 15 см), коли насіння

обох сортів акумулювало однакову кількість хімічного елемента – 0,0064 мг/кг на варіантах у період повної стиглості і тканини стебел – 0,010 мг/кг на варіантах обох періодів стиглості.

Сортову особливість мали і результати досліджень з реакції рослин на рівень освітлення надземних їх частин. Так, у сорту Гляна він мав значний вплив на величину акумулювання миш'яку та його сполук як у насінні, так і у тканинах стебел рослин. У широкорядних посівах із міжряддям 45 см конопель посівних рослини сорту Гляна накопичували значно більший обсяг хімічного елемента порівняно з рослинами, які розвивалися у посівах із міжряддям 15 см. У фазу технічної стиглості насіння сорту Гляна вміст сполук миш'яку за умов кращого рівня освітлення був на 0,008 мг/кг вищим за умов слабшого освітлення (ширина міжрядь 15 см), у період повної стиглості ця різниця становила 0,0016 мг/кг, у тканинах стебел – 0,002 і 0,005 мг/кг відповідно.

Рослини сорту Глесія не проявляли такої чіткої реакції акумуляції As від рівня освітлення надземних їх частин.

Такі результати досліджень свідчать про необхідність дотримання сортової агротехніки при вирощуванні рослин конопель посівних, особливо для отримання чистої органічної продукції.

За результатами досліджень накопичення у рослинах конопель посівних представників однієї хімічної групи напівметалів – бору (B) та миш'яку (As) – можна зробити висновок, що характер акумуляції цих елементів та їх сполук тканинами рослин має значні відмінності. Ці відмінності стосуються кількісного вмісту у ґрунті проведення досліджень і транслокації до рослин конопель посівних, умов вирощування рослин: площі живлення, фази достигання; сортові особливості. Тому вивчення закономірностей транслокації до рослин того чи іншого хімічного елемента може озброїти необхідними знаннями фахівців і виробників для досягнення чистої рослинної продукції, яка так необхідна в умовах екологічної певної небезпеки.

5.7. Концентрація неорганічних елементів у ґрунті та характер їх накопичення в частинах рослин

Аналіз результатів досліджень з накопичення таких елементів у рослинах конопель посівних, як: алюміній (Al), фосфор (P), галій (Ga), лантан (La), талій (Tl), свинець (Pb) не дозволяє вичерпно пояснити механізм їх транслокації. Однак ми встановили певні закономірності (додаток Д).

Серед зазначених металів плюмбум (Pb), або свинець, вважають найбільш токсичним. У сучасних умовах особливого значення набуває вивчення якісних показників рослинницької продукції, тому важливо досліджувати біологічну дію важких металів та інтенсивність їх міграції, а також акумуляції у тканинах та органах рослин [44].

За результатами проведених досліджень встановлено, що його вміст у середньому по досліду становив 7,314 мг/кг (табл. 5.7). Ураховуючи санітарні норми МОЗ на рослинну сировину (для свинцю (Pb) максимально допустима норма 0,3 мг/кг), дослідження міграції цього хімічного елемента до рослин конопель є важливим.

Необхідно відмітити, що за результатами лабораторних аналізів насіння конопель сорту Гляна лише на двох варіантах посівів із міжряддям 15 см за різної стиглості не перевищувало ГДК: за технічної стиглості ця величина становила 0,2775 мг/кг, за повної – 0,2878 мг/кг. На всіх інших варіантах уміст свинцю (Pb) та його сполук у насінні культури дещо перевищував допустимі норми.

Тканини стебел рослин конопель акумулювали цього хімічного елемента значно менше за дозволену кількість. Отже, регулювання вмісту такого токсичного хімічного елемента, як свинець (Pb), у рослинах конопель можливе як агротехнічними прийомами технології вирощування, так і за рахунок відповідного підбору сортів.

Серед названих хімічних елементів фосфор (P) відносять до макроелементів, тобто він є життєво необхідним і виконує важливі біологічні

Таблиця 5.7

Концентрація неорганічних елементів і їх сполук у ґрунті та рослин конопель посівних, середнє за 2015-2017 рр.

Елемент	Гляна				Глесія			
	стиглість							
	технічна		біологічна		технічна		біологічна	
	міжряддя, см							
	45	15	45	15	45	15	45	15
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
ґрунт, мг/кг								
Al	18165,5±0,006	18565,72±0,00	18167,1±0,00	18181,7±0,00	14813,14±0,003	16624,38±0,00	18601,0±0,00	17957,8±0,00
P	607,714±0,006	688,980±0,003	704,36±0,008	632,31±0,001	621,066±0,003	572,821±0,003	656,79±0,005	653,56±0,002
Ga	7,915±0,003	8,215±0,003	7,541±0,004	7,687±0,006	6,281±0,001	7,156±0,003	7,762±0,005	7,891±0,008
La	20,550±0,004	22,208±0,002	20,818±0,005	23,468±0,003	20,658±0,004	21,873±0,009	23,363±0,005	21,842±0,007
Tl	0,139±0,003	0,146±0,005	0,140±0,003	0,150±0,001	0,120±0,004	0,142±0,009	0,155±0,002	0,161±0,007
Pb	6,949±0,003	7,781±0,008	7,246±0,003	6,984±0,002	6,916±0,006	7,491±0,006	7,439±0,003	7,702±0,005
Se	0,197±0,051	0,192±0,055	0,243±0,024	0,196±0,015	0,174±0,038	0,270±0,034	0,210±0,030	0,203±0,025
насіння, мг/кг								
Al	6,02+0,001	6,31+0,011	7,89+0,014	4,47+0,012	4,10+0,010	3,86+0,011	7,39+0,003	3,45+0,027
P	8209,6±0,007	8226,6±0,007	9355,1±0,004	7409,6±0,002	6356,7±0,004	6769,4±0,001	7783,5±0,003	7984,8±0,004
Ga	0,0653+0,0015	0,058+0,007	0,063+0,011	0,0458+0,014	0,0552+0,0009	0,0546+0,006	0,0407+0,011	0,0418+0,010
La	0,005+0,018	0,001+0,033	0,001+0,015	0,0007+0,010	0,0016+0,014	0,0013+0,035	0,0048+0,010	0,0008+0,023
Tl	0,0285+0,005	0,0216+0,005	0,0369+0,008	0,0180+0,003	0,0190+0,0068	0,0187+0,007	0,0236+0,005	0,0173+0,012
Pb	0,4184+0,0065	0,2775+0,006	0,3175+0,004	0,2878+0,002	0,3043+0,0028	0,4671+0,007	0,3897+0,006	0,4971+0,008
Se	0,0326+0,0674	0,122+0,048	0,252+0,007	0,1892+0,035	0,0261+0,3555	<0.00	0,0468+0,182	<0.00

Продовження табл. 5.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
стебла, мг/кг								
Al	7,776+0,002	10,928+0,006	11,273+0,007	6,957+0,002	5,097+0,021	8,695+0,005	5,891+0,016	14,838+0,008
P	833,484+0,007	1164,77+0,00	221,689+0,015	216,47+0,016	983,969+0,004	779,61+0,004	175,124+0,009	194,16+0,009
Ga	0,225+0,006	0,280+0,006	0,319+0,011	0,195+0,002	0,187+0,003	0,184+0,003	0,155+0,010	0,202+0,003
La	0,033+0,006	0,027+0,010	0,037+0,010	0,025+0,009	0,008+0,009	0,012+0,005	0,008+0,006	0,020+0,007
Tl	0,016+0,009	0,014+0,007	0,014+0,018	0,012+0,004	0,008+0,009	0,009+0,008	0,003+0,013	0,004+0,013
Pb	0,149+0,008	0,223+0,007	0,263+0,009	0,119+0,008	0,082+0,011	0,184+0,008	0,088+0,011	0,192+0,009
Se	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00

функції, насамперед у процесах енергетичного обміну. Алюміній (Al) є мікроелементом, і його роль для живих організмів досліджена недостатньо. Хоча сама назва груп – макро- і мікроелементи є досить умовною систематикою, але визначає насамперед їх кількісний вміст в об'єктах вивчення, результати досліджень з наявності їх у ґрунті закладки дослідів свідчать про протилежне.

У середньому за трьома роками досліджень вміст алюмінію (Al) у ґрунті значно перевищував показники наявності сполук фосфору (P). Ця різниця за всіма варіантами дослідів становила 16992,34 мг/кг. Якщо кількісний вміст фосфору (P) свідчить про рівень родючості ґрунту, то підвищена кількість алюмінію (Al) може створити для рослин проблеми алюмінієвої токсичності [45]. Тому дослідження динаміки акумуляції рослинами таких елементів із ґрунту є важливим.

Як показали результати досліджень, транслокація алюмінію (Al) та його сполук до рослин конопель є дуже незначною. Так, у середньому за всіма варіантами досліду рослини акумулювали у процесі вегетації в насінні цього хімічного елемента у 3 244 рази менше порівняно з величиною його наявності у ґрунті, тканини стебел – у 1 974 рази.

Саме можливості впливу агротехнологічних процесів на рівень транслокації алюмінію (Al) та його сполук до рослин конопель були метою аналізу результатів досліджень за варіантами досліду.

Насіння посівів конопель, що вегетували на ділянках усіх варіантів досліду, накопичувало алюмінію (Al) та його сполук відносно менше порівняно з тканинами стебел у середньому на 3,496 мг/кг.

Значний вплив на величину акумулювання цього хімічного елемента та його сполук у насінні мав саме рівень освітленості надземних частин рослин у процесі їх вегетації. Так, на ділянках у варіантах широкорядних посівів (міжряддя 45 см) за повної стиглості рослин культури насіння конопель обох сортів акумулювало найбільшу кількість алюмінію (Al) та його сполук: у сорту

Гляна – 7,89 мг/кг, у сорту Глесія – 7,39 мг/кг, тоді як найменші показники – 3,45 мг/кг були зафіксовані на варіанті посівів сорту Глесія з міжряддям 15 см.

Таке реагування рослин на рівень освітлення (рівень енергетичного живлення) було зафіксоване на всіх варіантах дослідів із оцінки рівня акумуляції алюмінію (Al) та його сполук, однак лише у насінні. Тканини стебел акумулювали сполуки цього хімічного елемента значно більше порівняно з насінням. Якщо розглядати показники величини акумуляції за варіантами досліду, то різниця в бік вищого накопичення стеблами рослин культури сполук алюмінію (Al) була такою: сорт Гляна – *а*) 1,76 мг/кг; *б*) 4,62; *в*) 3,38; *г*) 2,49; сорт Глесія – *а*) 1,00; *б*) 4,84; *г*) 11,39 мг/кг. Лише на посівах ділянок варіантів за біологічної стиглості у широкорядних посівах насіння конопель посівних накопичило на 1,50 мг/кг вищу кількість хімічного елемента порівняно з тканинами стебел.

Отже, на величину накопичення алюмінію (Al) та його сполук у насінні та тканинах стебел рослин конопель суттєво впливали два чинники – це рівень освітлення (енергетичного забезпечення) посівів і сортовий. Етапи органогенезу процесів достигання не впливали на показники акумуляції хімічних сполук.

Вміст алюмінію (Al) та його сполук у дослідженнях ґрунту значно перевищував гранично допустимий коефіцієнт (ГДК), оскільки за положенням Міністерства охорони здоров’я України допустима норма його у тканинах лікарських рослин 20 мг/кг, проте їх наявність у насінні та тканинах стебел знаходиться в межах норми.

Цей метал (алюміній) є третім за вмістом і поширеністю хімічним елементом у земній корі після кисню (O) і кремнію (Si). Якщо концентрація сполук алюмінію (Al) у ґрунтовому розчині досягає порогу фітотоксичності, настає помітне пригнічення фізіологічних процесів більшості рослин багатьох видів, а його відсутність або недостатня кількість призводить до прояву хлорозу [46].

Щодо фосфору (Р), то його вміст у ґрунті ділянок проведення досліджень в середньому за всіма варіантами трирічних досліджень становив 642,200 мг/кг, тоді як до насіння рослин конопель посівних транслокувалось у процесі вегетації в кількості, яка значно перевищує вміст сполук цього елемента у ґрунті – 7761,931 мг/кг, що перевищує у 12,086 разів. Тобто рослини культури здатні істотно концентрувати у тканинах такий важливий для процесів нормальної життєдіяльності мікроелемент, як фосфор (Р) і його сполуки.

Рослини сорту Гляна накопичували у насінні фосфору (Р) і його сполук більше порівняно з насінням сорту Глесія. Кількісна величина акумуляції цього хімічного елемента у насінні сорту Гляна за роками досліджень не залежала від впливу умов вирощування, тоді як у насінні сорту Глесія чітко простежувалася залежність від міжфазних періодів достигання. У фазу повного достигання насіння сорту Глесія накопичувало сполуки фосфору (Р) у варіантах широкорядних посівів на 1 426,8 мг/кг більше порівняно з рослинами у фазу технічної стиглості; у вузькорядних посівах (ширина міжрядь 15 см) ця різниця становила 1 215,4 мг/кг. Такі знання мають значення для точного визначення можливого господарського призначення отриманої продукції.

Спостерігалася подібна чітка залежність показників акумуляції сполук фосфору (Р) у тканинах стебел рослин конопель сорту Гляна, що вегетували у посівах із різною шириною міжрядь і відповідно мали різний режим освітленості листкового апарату. У фазу технічної стиглості у стеблах рослин культури концентрація сполук фосфору (Р), що вегетували у посівах із шириною міжрядь 15 см, концентрація цього мікроелемента становила 1164,77 мг/кг або перевищувала подібний показник у рослин того ж сорту, що вегетували в широкорядних посівах (міжряддя 45 см) на 331,286 мг/кг або на 28,4 %.

До настання фази повної стиглості рослини культури забезпечували значну транслокацію такого важливого мікроелемента, як фосфор (Р), із стебел, що майже закінчили свої процеси формування, до інших важливих частин.

Насамперед транслокація відбувається до генеративних органів, де проходять енергетичні процеси виповнення та достигання насіння. Саме там є необхідність у цінних енергетичних властивостях органічних сполук, що містять у собі фосфор (Р). Водночас у результаті процесів транслокації та реутилізації сполук фосфору між частинами рослин конопель посівних показники величини їх акумуляції у тканинах стебел до настання повної стиглості поступово знижуються. На час досягнення фази повної стиглості у стеблах рослин конопель посівних сорту Гляна, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см, концентрація сполук фосфору була 216,47 мг/кг, тобто знизилась порівняно з попередньою фазою у 5,4 раза.

Показники акумуляції сполук фосфору у стеблах рослин культури сорту Гляна на час досягнення повної стиглості у посівах із шириною міжрядь 45 та 15 см ставали схожими: 221,689 та 216,47 мг/кг відповідно, тобто різниця між ними становила 2,4 %.

Подібна закономірність зміни рівня акумуляції сполук фосфору (Р) у стеблах рослин культури була зафіксована і в посівах сорту конопель посівних Глесія. У фазу настання технічної стиглості у стеблах конопель посівних, що вегетували з шириною міжрядь 45 см, вміст сполук фосфору (Р) у тканинах стебел був на рівні 983,969 мг/кг, або перевищував аналогічний показник у рослинах сорту Гляна на 18,1 %. Водночас зменшення ширини міжрядь у посівах рослин сорту Глесія призводило до зниження показників рівня акумуляції сполук фосфору (Р) у тканинах на час настання фази технічної стиглості на 20,8 %. Зменшення ширини міжрядь у рослин сорту Гляна призводило до певного підвищення рівня акумуляції сполук фосфору (Р) у тканинах стебел у фазу технічної стиглості – на 39,7 %.

Величини відхилень були істотними і перевищували показники $НІР_{0,05}$ у дослідах, тому правомірно стверджувати, що на показники акумуляції сполук фосфору у фазу технічної стиглості рослин конопель посівних значний вплив мали саме сортові особливості культури, що вегетували на дослідних ділянках.

Показники рівня акумуляції сполук фосфору (Р) у тканинах стебел рослин сорту Глесія до настання фази повної стиглості істотно зменшувались незалежно від ширини міжрядь у посівах, де вони вегетували. Рослини, що упродовж вегетації мали ширину міжрядь у посівах 45 см, у стеблах мали концентрацію сполук фосфору (Р) 175,124 мг/кг. У результаті реутилізації такого важливого для фізіологічних процесів у тканинах рослин культури мікроелемента і його транслокації в інші частини рослин, показники акумуляції сполук фосфору (Р) у тканинах стебел знизились порівняно з фазою технічної стиглості у 5,6 раза. Подібна закономірність проявлялась і в рослин, що вегетували в посівах із шириною міжрядь 15 см.

Величина рівня акумуляції сполук фосфору у тканинах стебел на час настання фази повної стиглості у посівах із шириною міжрядь 15 см між рослинами культури у сортів Гляна і Глесія була незначною: 216,47 та 198,16 мг/кг відповідно або 8,5 %.

Узагальнюючи особливості засвоєння та акумуляції сполук фосфору в стеблах рослин конопель посівних, зазначимо, що фосфор (Р) і його сполуки мають для всіх зелених рослин і для конкретної культури унікальне значення як макроелемент, що є незамінним у виконанні дуже важливих фізіологічних процесів і етапів органогенезу. Передусім це енергетичні процеси обміну речовин: синтез АДФ, АТФ, нуклеїнових кислот, а також безпосередній вплив на формування, ріст і розвиток кореневої системи і генеративних структур у рослин культури.

Засвоєння сполук фосфору з ґрунтового розчину кореневими волосками рослин відбувається із затратами енергії: шляхом активного мембранного транспорту, тому рівень освітленості рослин у посівах у процесі вегетації і можливості здійснювати інтенсивні процеси фотосинтезу безпосередньо впливають на активність і обсяги засвоєння цього макроелемента.

Рівень акумуляції сполук фосфору (Р) у тканинах стебел упродовж етапів органогенезу рослин культури змінювався за всіма роками досліджень.

Максимуму він досягав у фазу технічної стиглості, коли ще відбувались активні процеси формування механічних і запасаючих тканин. Проте на наступному етапі органогенезу – повній стиглості, відбувалось істотне зниження показників концентрації сполук фосфору (Р) у тканих стебел і їх активної реутилізації та транслокації до інших органів (плоди, насіння) рослин культури. Істотне зниження показників його концентрації відбулось на третій рік досліджень – 2017 (додаток Д).

Сортові особливості рослин конопель посівних у їх здатності акумулювати у тканинах стебел сполуки фосфору (Р) найбільш повно проявлялись у процесі вегетації до настання фази технічної стиглості. У наступні етапи органогенезу сортова специфіка акумуляції сполук фосфору у тканинах стебел рослин різних сортів поступово втрачала свою роль.

Такі хімічні елементи, як галій (Ga), лантан (La), талій (Tl) та їх сполуки хоч і були наявні у тканинах рослин конопель посівних, але в дуже незначних кількостях. Ураховуючи те, що гранично допустимий коефіцієнт для рослинної продукції цих елементів не встановлений і у спеціальній літературі не повідомляється про їх негативний вплив на живі організми, за допомогою результатів досліджень досягнуто поставленої мети – визначена їх кількість у ґрунті і величина транслокації до рослин конопель у регіоні проведення досліджень.

Селен (Se) наявний в ядрі клітини. Добова потреба людини в селені (Se) становить 70–100 мкг [47].

Згідно з даними епідеміологічних досліджень більш ніж 80 % населення України страждає на дефіцит селену (Se) [48].

Утім сполуки селену (Se) часто отруйні. ГДК для його парів – 0,1 мг/м^3. У ґрунті проведення досліджень кількість селену (Se) і його сполук була незначною: від 0,174 до 0,243 мг/кг.

Як уже зазначалась, у тканинах стебел конопель посівних вміст селену (Se) та його сполук був наближений до величини, яка менша від порогу

чутливості аналітичних приладів, тоді як насіння акумулювало різні величини залежно від варіантів досліду (див. табл. 5.7).

Рослини сорту Гляна транслокували сполуки селену (Se) у насіння конопель посівних значно вищий відсоток порівняно із рослинами сорту Глесія, особливо за досягнення повної біологічної стиглості. Так, у варіанті з широкорядними посівами (ширина міжрядь 45 см) ця різниця становила 0,205 мг/кг, а у посівах із міжряддям 15 см у сорту Глесія величина акумуляції сполук селену (Se) була меншою від порогу чутливості аналітичних приладів, тоді як рослини сорту Гляна акумулювали в насіння 0,189 мг/кг селену (Se) та його сполук. Найвища концентрація сполук хімічного елемента селену (Se) була у насінні сорту Гляна у фазу технічної стиглості рослин на всіх варіантах досліду.

Отже, сортова залежність інтенсивності накопичення селену (Se) та його сполук у насінні конопель посівних очевидна, що підтверджує можливість селекції цієї культури на акумуляцію неорганічних елементів і їх сполук.

5.8. Урожайність та структура урожаю фітомеліоративних посівів

В історичному аспекті, основним формуючим параметром культури конопель був відбір рослин за показниками їх вегетативного розвитку. В свою чергу ця ознака тісно корелювала з високою початковою інтенсивністю росту кореневої системи та здатністю рослин до формування ефективного листкового апарату.

Наразі саме ці ознаки є визначальними при виборі видів претендентів для фітомеліоративних посівів. Додатковими параметрами є дрібнонасінність та здатність насіння до проростання й формування життєздатних сходів в малосприятливих умовах довкілля [49].

У таблиці 5.8 наведено дані розрахункової урожайності конопель у досліді із оцінювання фіто меліоративного потенціалу культури.

Таблиця 5.8

Урожайність та структура урожаю на фітомеліоративних ділянках конопель залежно від сорту, фази збирання та ширини міжрядь, т/га

Фактори		Роки						Середнє		
В	**Б**	2015		2016		2017				
строки збирання	тип культури	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	всього
Фактор **А** - сорти										
Гляна										
Технічна стиглість	45 см	3,15	0	4,58	0	4	0	3,91	0	3,91
	15 см	4,22	0	6,73	0	6,45	0	5,8	0	5,8
Біологічна стиглість	45 см	4,27	1,21	5,96	1,95	5,97	1,7	5,4	1,61	7,01
	15 см	7,22	0,86	10,02	1,98	9,25	1,4	8,83	1,4	10,23
Глесія										
Технічна стиглість	45 см	3,05	0	4,27	0	3,96	0	3,76	0	3,76
	15 см	5,21	0	6,27	0	4,78	0	5,42	0	5,42
Біологічна стиглість	45 см	4,18	1,25	5,55	1,56	4,97	1,3	4,9	1,38	6,28
	15 см	6,92	0,72	8,89	1,48	7,59	1,1	7,8	1,1	8,9
НІР $_{0,05}$ АБВ		0,821	0,223	1,122	0,281	0,739	0,182			

Річні коливання урожайності соломи та зерна на ділянках досліду загалом відповідали динаміці урожайності для зеленцевих посівів та посівів для отримання товарного зерна. Найвищу урожайність було отримано у 2016 році який характеризувався суттєвим перевищенням середньо багаторічного показника за кількістю опадів та мав нижчий від багаторічних значень показник суми температур вегетаційного періоду, а саме 2505 ^{o}C проти 2901 ^{o}C. Найменш врожайним був посушливий та жаркий 2015 рік.

У середньому для досліду збирання посівів у фазу технологічної стиглості забезпечувало отримання 3,76 – 5,80 т/га соломи конопель. Вищу кількість соломи (незалежно від сорту) забезпечували варіанти з міжряддям 15 см. Варто зауважити, що збирання зеленцевих посівів проводили в 1-2 декадах липня, що забезпечувало технологічну можливість висіву на ділянках культур із озимим типом розвитку. Теоретично це розширювало можливості фітомеліоративних програм у випадку залучення 2 і більше видів рослин.

Максимальні показники формування надземної фітомаси 10,23 т/га було відмічено на варіанті суцільного посіву (міжряддя 15 см) сорту Гляна при збиранні урожаю в фазу біологічної стиглості. Середнє значення частки насіння в загальному урожаї склало -13,6 %. У варіанті з широкорядними посівами загальна урожайність склала 7,01 т/га. При цьому частка насіння зросла до 22,3%. У сорту Глесія показники кількості фіто маси що формувалась на одиниці площі при повному достиганні рослин були суттєво меншими.

Таким чином діапазон урожайності надземної фіто маси рослин у фазу технічної стиглості складав 3,76-5,8 т/га у фазу біологічної стиглості 6,28 – 10,23 т/га. Частка насіння в урожаї конопель в середньому для досліду змінювалася від 12,3 до 22,3 %.

5.9. Розрахункові параметри фітомеліоративних посівів конопель

Річні коливання урожайності та зміна частки насіння в загальному урожаї конопель обумовили різницю у розрахункових показниках вмісту основних хімічних елементів. У таблиці 5.9 наведено дані стосовно мінімальних та максимальних значень вмісту елементів у розрізі урожаю соломи та насіння конопель у перерахунку на їх базову вологість, а саме 12,0 % для насіння та 13,0 % для соломи.

У соломі 95 і більше процентів від загального вмісту мінеральних елементів склали калій, фосфор, магній та кальцій максимальні значення яких становили: 6647,6; 1164,7; 764,1 та 477,2 г/т відповідно. Досить високе значення

показника вмісту магнію вказує на особливу роль цього елемента у формуванні урожаю соломи. Враховуючи низькі показники вмісту магнію у грунті це вказує на доцільність внесення цього елемента у основне добриво (разом із фосфором та калієм) або у хелатній формі при підживленнях мікроелементами.

Таблиця 5.9

Вміст основних хімічних елементів в урожаї конопель, г/т, 2015 – 2017 рр.

Елемент	Солома		Насіння	
	максимум	*мінімум*	*максимум*	*мінімум*
K	6647,60	4109,64	12655,70	7112,40
P	1164,77	175,12	3758,40	2995,40
Mg	764,14	463,49	247,80	150,20
Ca	477,19	355,04	9355,10	6356,70
Mn	49.00	21,59	100,76	73,02
Na	46,87	6,56	7,89	3,45
Sr	34,44	22,84	2,46	1,45
Fe	31,89	14,69	12,55	8,10
Al	14,84	5,10	65,69	45,01
Ba	12,82	5,86	6,09	3,82
Zn	8,98	2,21	127,81	78,21
B	8,61	6,38	15,99	9,40
Rb	4,02	2,58	9,90	5,11
Cu	3,71	1,14	9,99	2,98
Ni	2,56	0,64	17,79	10,44

Аналогічний показник (> 95 %) для урожаю насіння, забезпечувався лише трьома елементами: калієм (12655,7 г/т), кальцієм (9355,1 г/т) та фосфором (3758,4 г/т). Разом із тим частина металів, а саме магній, марганець та цинк мали вищі (порівняно із іншими елементами) показники вмісту. Це вказує на

особливу роль цих елементів у фізіологічних процесах формування запасних поживних речовин та реалізації генеративних функцій організму. У технологічному відношенні це передбачає розширення спектру мікроелементів, що застосовуються для підживлення рослин у посівах для отримання товарного насіння.

Важливість отриманих даних визначається відсутністю (наразі) деталізованих показників щодо середніх значень та діапазону мінливості хімічного складу урожаю конопель у розрізі окремих хімічних елементів. Такий стан пояснюється орієнтацією дослідників на визначення кількості елементів, що виносяться з урожаєм за показниками різниці хімічного складу грунту до та після завершення вегетації. Таким чином фактична кількість хімічних елементів які відчуджуються з одиниці площі залишається невідомою.

Загалом отримані нами дані близькі до даних, що наводяться П. П. Вавиловим та іншими науковцями, які зазначають, що на формування 1 цт волокна із грунту виноситься 0,6 кг фосфору та 1 кг калію (Растениеводство под ред. П. П. Вавилова, 1979. - стр. 478 [49]).

До основних потенційних забруднювачів земель у зоні дослідження належать радіонукліди ^{137}Cs та ^{90}St та важкі метали. Стосовно останніх то на сьогодні немає чіткого розуміння, як меж так ознак групування цих елементів. Основною причиною цього є зростаюче домінування екологічної та природоохоронної парадигми відповідно до якої групу формують елементи що мають токсичні та кумулятивні характеристики [50]. На противагу цьому традиційна «хімічна» номенклатура передбачає виокремлення групи виключно за показниками щільності, атомного числа та атомної маси без врахування рівня їх токсичності та здатності до міграції по трофічному ланцюгу. У наших дослідженнях та розрахунках ми керувалися положеннями щодо виділення групи високотоксичних ВМ, середньо токсичних ВМ та малотоксичних ВМ [51].

Узагальнюючим показником здатності рослин до накопичення окремих елементів (що є потенційними забруднювачами середовища) є коефіцієнт біологічного накопичення [52]. Коефіцієнт визначається як відношення показника вмісту елемента в ґрунті до його вмісту в рослині (таблиця 5.10).

Таблиця 5.10

Коефіцієнт біологічного накопичення основних токсичних елементів рослинами конопель, залежно від сорту фази збирання та ширини міжрядь, 2015 – 2017 рр.

Елементи	Гляна				Глесія				Середнє
	технічна		біологічна		технічна		біологічна		
	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	
Стабільні аналоги радіонуклідів*									
Sr	0,711	0,688	0,602	0,542	0,609	0,524	0,475	0,487	0,58
Середнє	0,60	0,56							
	0,63		0,53						
	0,64				0,52				
Група високотоксичних важких металів									
As	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0
Cd	0,275	0,315	0,318	0,163	0,118	0,148	0,115	0,187	0,21
Pb	0,021	0,029	0,038	0,02	0,012	0,025	0,021	0,03	0,02
Se	0	0	0,237	0,132	0	0	0,049	0,115	0,07
Zn	0,261	0,309	0,705	0,354	0,244	0,249	0,472	0,35	0,37
Середнє	0,56	0,655	1,3	0,67	0,375	0,424	0,659	0,684	0,66
	0,72	0,61							
	0,50		0,83						
	0,80				0,54				
Група середньотоксичних важких металів									
Cr	0,009	0,01	0,007	0,007	0,01	0,01	0,003	0,005	0,01
Co	0,004	0,002	0,004	0,004	0,002	0,003	0,005	0,003	0
Ni	0,182	0,126	0,154	0,102	0,113	0,116	0,103	0,077	0,12
Cu	0,204	0,339	0,389	0,263	0,184	0,167	0,299	0,214	0,26
Середнє	0,40	0,48	0,55	0,38	0,31	0,30	0,41	0,30	0,39
	0,42	0,36							
	0,37		0,41						
	0,45				0,33				

***** - *стабільні аналоги радіонуклідів ^{90}Sr та ^{137}Cs*

У таблиці 5.10 наведено дані щодо фактичних значень показника КБН у розрізі: елементів стабільних аналогів радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr; елементів групи високотоксичних ВМ та елементів, що формують групу середньотоксичних ВМ.

Найбільш перспективним для України є розробка та впровадження технологій ремедіації земель забруднених радіонуклідами насамперед ^{137}Cs і ^{90}Sr. Грунти Глухівського району де проводилися дослідження мають високу концентрацію стабільного стронцію що дозволяє провести оцінювання рівнів накопичення його радіоактивного ізотопа. Це твердження базується на дослідженнях якими доведено ідентичність міграцій у рослину та далі по трофічному ланцюгу стабільної форми стронцію та його радіоактивного ізотопа ^{90}Sr. [53, 54]

Середнє значення коефіцієнта біологічного накопичення (КБН) цього елемента було одним із найбільш високих у досліді, а саме 0,58. У розрізі сортів вищі середні значення КБН мав сорт Гляна – 0,64, проти 0,52 у сорту Глесія. Різниця у показниках пояснюється позиціонуванням сорту Гляна як інтенсивного, з високим рівнем засвоєння мінеральних елементів ґрунту. На користь цього положення також вказують вищі показники при збиранні посівів у фазі технічної стиглості, а саме – 0,63 проти 0,53 для урожаю, зібраного у фазі біологічної стиглості.

З нашої точки зору феномен високої концентрації стронцію у молодих рослинах пояснюється суттєвим зростанням маси рослин (у після генеративні фази) за рахунок накопиченням продуктів фотосинтезу, та зменшення частки елементів отриманих внаслідок мінерального живлення.

Актуальність ремедіації земель забруднених важкими металами в Україні розглядається переважно для територій з активним веденням гірничодобувних робіт, діяльністю збагачувальних комбінатів та металургійних підприємств. Забруднення важкими металами за цих умов має комплексний характер. У свою чергу це передбачає оцінювання посівів за груповими характеристиками.

Сумарне значення показника КБН для групи високотоксичних ВМ склало 0,66. У порядку зменшення значень елементи ранжувались: цинк - 0,37; кадмій - 0,21; селен, рубідій та миш'як менше 0,1. Максимальне сумарне значення для групи, яке складало 1,3, забезпечував варіант із широкорядним посівом сорту Гляна при збиранні у фазу біологічної стиглості.

З нашої точки зору зростання концентрації важких металів у насінні може пояснюватися їх фізіологічним значенням як мікроелементів так і здатністю окремих елементів наприклад кадмію заміщати цинк у процесах синтезу окремих органічних сполук. Хоча наразі можливість такої заміни підтверджена в експериментальних дослідженнях лише із культурними злаковими видами та арабідопсисом [55, 56, 57].

Пряму оцінку потенційної здатності конопель для програм ремедіації земель проводять на підставі даних щодо фактичної кількості токсичних елементів що виносяться з грунту протягом вегетації [58, 59]. Особливо це важливо в програмах відновлення земель забруднених внаслідок техногенних катастроф або активної промислової діяльності. За цих умов основні токсичні елементи сконцентровані у верхньому шарі грунту [60]. Зниження їх концентрації нижче порогового рівня (за 2-3 вегетаційних періоди) дозволяє використання земель у програмах цивільного будівництва або для обмеженого ведення сільськогосподарського виробництва [61].

У таблиці 5.11 наведено дані, щодо кількості основних токсичних елементів які виносяться з одиниці площі залежно від сорту, способів сівби та строків збирання.

Суттєва різниця у показниках концентрації токсичних елементів у стеблах і насінні конопель й відмінності у співвідношеннях між цими частинами урожаю, залежно від технології вирощування посівів, зумовили переважання окремих варіантів за показником кількості винесених із ґрунту токсичних елементів. Для стронцію, що накопичувався переважно у стеблах,

максимальну ефективність 262,38 г/га забезпечувала технологія суцільних посівів сорту Гляна при збиранні у фазі біологічної стиглості.

Таблиця 5.11

Кількість основних токсичних елементів, що виноситься з ґрунту посівами конопель, залежно від сорту, фази збирання та ширини міжрядь, г/га, 2015 – 2017 рр.

Елементи	Гляна				Глесія				Середнє
	технічна		біологічна		технічна		біологічна		
	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	
Стабільні аналоги радіонуклідів*									
Sr	123,33	199,77	199,07	262,38	98,82	123,35	147,75	196,92	168,93
Середнє	142,24	195,61							
	136,32		201,53						
	196,14				141,71				
Група високотоксичних важких металів									
As	0,05	0,06	0,06	0,04	0,01	0,05	0,04	0,09	0,05
Cd	0,15	0,26	0,29	0,26	0,05	0,1	0,11	0,26	0,18
Pb	0,58	1,29	1,93	1,45	0,31	0,99	0,97	2,04	1,2
Se	0	0	0,4	0,26	0	0	0,06	0,21	0,12
Zn	28,52	52,1	142,97	98,66	24,44	37,32	87,3	87,62	69,87
Середнє	29,3	53,71	145,65	100,67	24,81	38,46	88,48	90,22	71,42
	72,06	70,77							
	36,57		106,26						
	82,33				60,49				
Група середньотоксичних важких металів									
Cr	0,91	1,5	1,22	1,97	0,83	1,31	0,58	1,32	1,21
Co	0,08	0,06	0,17	0,23	0,05	0,09	0,17	0,15	0,13
Ni	9,98	11,1	16,09	14,82	5,91	9,51	9,79	10,24	10,93
Cu	8,4	21,54	29,67	27,74	6,74	9,93	20,72	20,85	18,2
Середнє	19,37	34,2	47,15	44,76	13,53	20,84	31,26	32,56	30,47
	27,83	33,09							
	21,99		38,93						
	36,37				24,55				

***** - *стабільні аналоги радіонуклідів ^{90}Sr та ^{137}Cs*

Найбільшу сумарну кількість високотоксичних ВМ – 145,65 г/га виносили з ґрунту рослини широкорядного посіву цього ж сорту, які були

зібрані у фазі біологічної стиглості. Підвищена концентрація високотоксичних ВМ саме у насінні конопель зумовили значно менші показники виносу при збиранні посівів у фазі технічної стиглості, а саме 36,57 проти 106,26 при біологічному дозріванні. Особливо це стосується таких ВМ як кадмій та цинк які можуть переміщатися по стеблу разом із током продуктів фотосинтезу або пластичних речовин, що вивільняються в процесі відмирання нижніх ярусів листків.

Висновки до розділу

- За результатами досліджень встановлено, що хімічні елементи, які мають для для людини різний ступінь токсичності, а за хімічною характеристикою належать до однієї групи, по-різному надходять до рослин конопель, і це необхідно враховувати під час проведення агротехнічних заходів.

- На величину показників акумуляції більшості хімічних елементів, які вивчали в лабораторних умовах, рослини конопель посівних проявляли суттєвий вплив: концентрація сполук цих елементів в орному шарі ґрунту, рівень енергетичного (світлового) забезпечення рослин культури у процесі вегетації, сортові особливості, етапи органогенезу рослин культури і специфіка надземних частин: стебла, насіння.

- Простежувались загальні закономірності накопичення сполук B, Na, Mg, Cr у насінні рослин сортів Гляна і Глесія. У сорту Гляна на час технічної стиглості рослин культури вміст сполук В становив 15,99 (рослини з посівів шириною 45 см), а насіння рослин (посіви шириною 15 см) відповідно 66,5 % від попередньої величини. У насінні сорту Глесія вміст сполук В був у 1,7 раза менше порівняно з показниками насіння сорту Гляна (рослини з посівів шириною 45 см). У насінні рослин сорту Глесія (ширина міжрядь 15 см) вміст сполук В перевищував показники насіння рослин широкорядних посівів на 103,7 %.

- На величину накопичення сполук Na у тканинах стебел проявляли вплив рівень освітленості рослин і сортові особливості конопель посівних. Так, у фазу технічної стиглості зафіксовано стійку тенденцію вищої концентрації Na за умов вегетації з нижчим рівнем освітленості. У рослин сорту Гляна з міжряддями 15 см концентрація сполук Na становила 117,2 % від показників вмісту в рослинах із міжряддями 45 см. У рослин сорту Глесія з міжряддями 15 см концентрація сполук Na становила 178,7 % від показників вмісту в рослинах із міжряддями 45 см.

- Наявність у насінні рослин конопель посівних таких хімічних елементів лантаноїдної групи, як: празеодим (Pr), гадоліній (Gd), самарій (Sm), диспрозій (Dy), гольмій (Ho), ербій (Er), тулій (Tm), ітербій (Yb), лютецій (Lu) – була наближеною до величини, меншої від порогу чутливості аналітичних приладів; у тканинах стебел – усі ті самі елементи, крім празеодиму (Pr), гадолінію (Gd) і торію (Th), тоді як у ґрунті проведення досліджень вони були наявні в різних кількісних величинах.

- Рослини конопель посівних сортів, що досліджувалися, достовірно більше накопичували сполук Al і Cr за умов їх вегетації з певним обмеженням рівня освітлення у процесі вегетації. У посівах із шириною міжрядь 45 см концентрація сполук названих важких металів була нижчою на 40,5 – 45,6 та 9 і 10,3 % відповідно до рослин, що вегетували з міжряддями 15 см.

- На величину накопичення алюмінію (Al) та його сполук у насінні та тканинах стебел рослин конопель суттєво впливали два чинники – це рівень освітлення (енергетичного забезпечення) посівів і сортовий. Етапи органогенезу процесів достигання не впливали на показники акумуляції хімічних сполук.

- На показники акумуляції сполук фосфору (P) у фазу технічної стиглості рослин конопель посівних суттєво впливали сортові особливості культури.

- Хімічні елементи торій (Th) та уран (U) і їх сполуки, які є представниками актиноїдної групи, були наявні у ґрунтах на ділянках, де проводили дослідження, у кількості (у середньому за три роки) 4,67 мг/кг та 0,55 мг/кг відповідно, проте в насінні рослин конопель на всіх варіантах досліджень їх зафіксовано не було, лише частково у тканинах стебел сорту Гляна урану (U) та його сполук – у середньому за варіантами досліджень 0,155 мг/кг.

- Накопичення сполук Na у насінні конопель посівних на час технічної стиглості рослин культури було підпорядковане певним закономірностям, які залежали як від рівня освітленості рослин у посівах під час процесів вегетації, так і від сортової специфіки.

- Характер акумуляції бору (B), миш'яку (As) та їх сполук тканинами рослин конопель посівних має великі відмінності за їх кількісним вмістом у ґрунті проведення досліджень. На транслокацію до рослин впливали умови вирощування рослин: площі живлення, фаза достигання, сортові особливості.

- Встановлено середні показники та діапазон вмісту основних хімічних елементів. Так, в умовах зони досліджень одна тонна урожаю соломи містить: калію 6,65-4,11 кг; фосфору 1,16-0,18 кг; магнію 0,76-0,46 кг. Урожаю насіння – калію 12,65-7,12 кг; фосфору 3,76-2,99 кг; кальцію 9,35-6,35 кг.

- Визначено середні значення коефіцієнта біологічного накопичення токсичних елементів у надземній частині конопель, а саме 0,58 для стронцію, 0,66 та 0,39 сумарно для груп високотоксичних та середньотоксичних важких металів відповідно.

- Встановлено, що максимальний рівень винесення із ґрунту стронцію (262,38 г/га) забезпечують суцільні посіви сорту Гляна, зібрані у фазі біологічної стиглості. Найвищі сумарні показники винесення для груп високотоксичних – 145,65 г/га та середньотоксичних ВМ – 47,15 г/га забезпечують широкорядні посіви сорту Гляна, зібрані у період біологічної стиглості.

Список використаних джерел

1. Современные методы биофизических исследований : практикум по биофизике / А. А. Булычев и др.; под ред. А. Б. Рубина. М. : Высш. школа, 1988. 359 с.

2. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды : уч.-метод. пособие / А. Г. Бубнов и др.; под общ. ред. В. И. Гриневича. Иваново : Иван. гос. хим.- технол. ун-т., 2007. 112 с.

3. Іващенко О. О. Екологічні принципи регулювання агрофітоценозів. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 8. С. 6–8.

4. ДСТУ ISO 11269-2:2002. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-2:1995, IDT). [Чинний від 2004-07-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2004. 14 с. (Національний стандарт України).

5. Кабанець В. М. Особливості накопичення стронцію (Sr) рослинами конопель посівних. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, 25–26 травня 2017 р. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. С. 102–104.

6. Rudnyk-Ivashchenko O. I. Peculiaritiesof the Heavy Metal Accumulation in the Medicinal Plantsunderthe Lisosteppe Conditions / O. I. Rudnyk-Ivashchenko, L. M. Mykhalska, V. V. Schwartau. *Journal of Nature Science and Sustainable Technology*. Vol. 10. Issue 2. 2016. P. 171–184.

7. Валерко Р. А. Использование биотестирования для оценки антропогенного загрязнения почвенного покрова. *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК* : материалы VIII междунар. науч. конф., 14–18 марта 2011 г. Брянск, 2011. С. 74–78.

8. Болгова И. В. Р. А. Фандо И. А. Шапошникова Таблица Менделеева в живих организмах. *Биология.* М. : ИД «Первое сентября», 2008. № 3. С. 5–14.

9. Конрад Х., Крампиц Р. Електрохимические методи. София : Изд-во «Техника», 1990. 420 с.

10. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Нові технології* : наук. вісник КУЕІТУ, 2010. № 3 (29). С. 164–171.

11. Екологічна енциклопедія : у 3 т. / редколегія: А. В. Толстоухов та ін. К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2007. Т. 1. 432 с.; К., 2007. Т. 2. – 416 с.; К., 2008. Т. 3. 472 с.

12. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. С. 83–93.

13. Фітомеліоративні властивості рослин *Cannabis sativa* L. залежно від сортових особливостей культури / В. М. Кабанець, В. В. Швартау, В. М. Матус, Л. М. Михальська. *Plant Varieties Studyng and Protection (Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин):* наук.-практ. журнал. К. : Український інститут експертизи сортів рослин, 2017. Т.13, № 4. С. 423–428.

14. Harrisin R. K. Encyclopedia of Nuclear Magnetic Resonance / D. M. Grantyand, R. K. Harris (eds.). *UK, Chichester, John Wiley&Sons,* 1996. Vol. 5. P. 13–24.

15. Савицкий Е. М., Терехова В. Ф. Металловедение редкоземельных металлов. М. : Мир, 1975. –145 с.

16. Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. М. : Мир, 1974. 376 с.

17. Українська гірнича термінологія: становлення, удосконалення і вживання / В. С. Білецький, Ю. П. Ященко, А. П. Загнітко, І. Г. Манець. *Уголь Украины*. К., 2003. № 12. С. 48–50.

18. Pressure-induced electronic collapse and structural changesinrare-earthmono chalcogenides / A. Chatterje, A. K. Singh, A. Jayaraman. *Phys. Rev*. 1972. Vol. 6, №6. P. 2285–2291.

19. Любич О. Й., Пчелінцев В. О. Фізичні основи металургії кольорових і рідкоземельних металів : навч. пос. Суми : Вид-во СумДУ, 2009. С. 209–212.

20. Барановська Н. С., Игнатова Т. Н., Рихвано Л. П. Уран (U) и торий (Th) в органах и тканях человека. *Весник Томского государственного университета*. 2010. № 65. С. 25–28.

21. Мельничук Ю. П. Влияние ионов кадмия на клеточное деление и рост растений. К. : Наук. думка, 1990. 148 с.

22. Химические свойства неорганических веществ : учеб. пос. для вузов / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева; под ред. Р. А. Лидина. М. : Химия, 2000. 480 с.

23. Housecroft C. E. Inorganic Chemistry (3rd ed.) / C. E. Housecroft, A. G. Sharpe. *Prentice Hall*, 2008.

24. http://www.chemistry.in.ua/grade-10/alkali-metals

25. Некрасов Б. В. Основи загальної хімії. М. : Лань, 2004.

26. Турова Н. Я. Неорганічна хімія в таблицях : навч. пос. М. : ЧеРо, 2002.

27. Ковальский В. В. Геохимическая экология. Москва : Наука, 1974. 300 с.

28. Кабанець В. М., Рудник-Іващенко О. І. Коноплі посівні – фітомеліоративна культура. *Агробіологія* : збірник наукових праць (Білоцерківський державний аграрний університет). № 2 (135). 2017. С. 142–149.

29. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. : О. П. Мелехова, Е. И. Сераульцева. М. : Изд. центр «Академия», 2010. 288 с.

30. ГН 6.6.1.1-130 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів 137Cs і 90Sr у продуктах харчування та питній воді, затверджені наказом МОЗ України від 03.05.2006 № 256.

31. Commission Regulation (EC). № 737/90 of 22 March 1990 «On the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station».

32. Commission Directive 2008/17/EC of 19 February 2008 amending certain Annexes to Council Directives 86/362/EEC, 86/363/EEC and 90/642/EEC as regards maximum residue levels for acephate, acetamiprid, in other.

33. Wauters J. Availability of radiocaesium in soil: a new methodology. *Sci. Total Environ*. 1994. Vol. 157. P. 239–248.

34. Степанова Л. П., Тихойкина И. М., Цыганок Е. Н. Экологические проблемы земледелия. *Вестник Орел ГАУ.* 2012. №1 (34). С. 11–18.

35. Short review: The mechanisms of radiocaesium uptake by Arabidopsis roots / C. R. Hampton, M. R. Broadley. *Nukleonika*. 2005. Vol. 50. S. 3–8.

36. Ehlke S., Kirchner G. Environmental processes affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review *J. Environ. Radioactivity*. 2002. Vol. 58. P. 97–112.

37. Root uptake and translocation of radiocaesium from agricultural soils by various plant species / S. Staunton, P. Hinsinger, A. Guivarch, F. Brechignac. *Plant and Soil*. 2003. Vol. 254. P. 443–455.

38. Булигін С. Ю. Мікроелементи в сільському господарстві. Д. : Січ, 2007. 107 с.

39. Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М. : КМК, 2001. 83 с.

40. Гамаюрова В. С. Мышьяк в экологии и биологии. М. : Наука, 1993. 208 с.

41. Баимова С. Р. Тяжёлые металлы в системе «почва – растения – животные» в условиях Башкирского Зауралья : дис. … канд. біол. наук. Уфа, 2009. С. 1–151.

42. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2008 «Лікарські засоби. Належна виробнича практика», додаток 7. К., МОЗ України. 2009.

43. Габович Р. Д., Присухина Л. С. Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ. К. : Здоровье, 1987. 248 с.

44. Горбатов В. С. Устойчивость и трансформація оксидов тяжелых металлов (Zn, Pb, Cd) в почвах. *Почвоведение*. 1988. № 1. С. 35–43.

45. Пухальская Н. В. Проблемные вопросы алюминиевой токсичности. *Агрохимия*. 2005. № 8. С. 70–81.

46. Трахтенберг И. М. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты. Минск : Наука и техника, 1994. 286 с.

47. The interactions betweens elenium an diod in edeficiencies in manand animals / J. R. Arthur, G. J. Beckett, J. H. Mitchell. *Nutrition Research Reviews*. 1999. Vol. 12(1). С. 55–73.

48. Котвіцька А. А., Лобова І. О. Дослідження соціально-епідеміологічних показників населення України внаслідок хвороб системи кровообігу на державному та регіональному рівнях. Вісн. фармації. 2012. № 4. С. 62–65.

49. Растениеводство /П. П. Вавилов, В. В. Гриценко, В. С. Кузнецов и др.; Под ред. П. П. Вавилова. – М.: Колос, 1979. – 519 с.

50. Казнина Н. М., Титов А. Ф., Лайдинен Г. Ф., Батова Ю. В. Влияние кадмия на водный обмен растений ячменя // Тр. КарНЦ РАН. *Сер. Экспериментальная биология.* 2011. № 3. С. 57–61.

51. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 170 с.

52. Титов А. Ф., Лайдинен Г. Ф., Казнина Н. М. Влияние ионов свинца на рост и морфофизиологические показатели растений ячменя и овса // *Физиология и биохимия культ. растений*. 2001. Т. 33, № 5. С. 387–393.

53. Hossian M. A., Piyatida P., da Silva J. A. T., Fujita M. Molecular mechanism of heavy metal toxicity and tolerance in plants: Central role of glutathione in detoxification of reactive oxygen species and methylglyoxal and in heavy metal chelation // *J. Bot.* 2012. Article ID 872875, 37 p. DOI:10.11555/2012/872875.

54. Кулич Н.В., Липская А.И. и др. Новые методические подходы к одновременному измерению активности 90Sr и 137Cs в объектах окружающей среды // *Ядерна фізика та енергетика*. - 2012. - Т. 13, № 4. - С. 403 – 408

55. Mills R. F., Peaston K. A., Runions J., Williams L. E. HvHMA2, a P1BATPase from barley, is highly conserved among cereals and functions in Zn and Cd transport // *PLoS ONE*. 2012. V. 7: e42640. DOI: 10.1371/journal.pone.0042640.

56. Ishimaru Y., Takahashi R., Bashir K. et al. Characterizing the role of rice NRAMP5 in anganese, iron and cadmium transport // *Sci. Rep.* 2012. 2, 286; DOI: 10.1038/srep00286.

57. Клаус А. А., Лысенко Е. А., Холодова В. П. Рост растений кукурузы и накопление фотосинтетических пигментов при кратко- и долгосрочном воздействии кадмия // *Физиология растений*. 2013. Т. 60, № 2. С. 246–256.

58. Axelsen K. B., Palmgren M. G. Inventory of the superfamily of P-type ion pumps in Arabidopsis // *Plant Physiol.* 2001. V. 126. P. 696–706.

59. Shi G., Cai Q. Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. *Biotechnology Advances*. 2009. Vol. 27, Iss. 5. P. 555–561.

60. Gill S. S., Khan N. A., Tuteja N. Cadmium at high dose perturbs growth, photosynthesis and nitrogen metabolism white at low dose it up regulates sulfur assimilation and antioxidant machinery in garden cress (*Lepidium sativum* L.) // *Plant Sci.* 2011. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.04.018.

61. Ci D., Jiang D., Wollenweber B. et al. Cadmium stress in wheat seedlings: growth, cadmium accumulation and photosynthesis // *Acta Physiol. Plant.* 2010. V. 32. P. 365–373.

-

Публікації здобувача використані при написанні розділу

1. Determination of Metal Content in Two Genotypes of *Cannabis sativa* L. under Different Environmental Conditions through ICP-MS Analysis / O. I. Rudnyk-Ivashchenko, V. M. Kabanets, L. M. Mykhalska, V. V. Schwartau. *Metal Toxicity in Higher Plants.* Nova, 2020. P.214–235.

2. Кабанець В. М., Рудник-Іващенко О. І. Коноплі посівні – фітомеліоративна культура. *Агробіологія :* зб. наук. праць (Білоцерківський державний аграрний університет). 2017. № 2 (135). С. 142–149.

3. Фітомеліоративні властивості рослин *Cannabis sativa* L. залежно від сортових особливостей культури / В. М. Кабанець, В. В. Швартау, В. М. Матус, Л. М. Михальська. *Plant Varieties Studyng and Protection (Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин) :* науково-практичний журнал. К. : Український інститут експертизи сортів рослин, 2017. Т. 1, № 4. С. 423–428.

4. Кабанець В. М. Вплив агротехнічних заходів на акумуляцію кадмію (Cd) рослинами конопель посівних. *Danish Scientific Journal* : науково-практичний журнал. 2020. № 37. С. 5–7.

5. Кабанець В. М. Особливості накопичення стронцію (Sr) рослинами конопель посівних. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, 25–26 травня 2017 р. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. С. 102–104.

РОЗДІЛ 6

МОНОКУЛЬТУРА КОНОПЕЛЬ

Коноплі відносять до слабореагуючих на сівозміну культур. Їх можна вирощувати в повторних посівах, але при цьому отримані врожаї дещо поступаються врожаям по добрим попередникам. Проблема вирішується внесенням значної кількостей добрив, особливо органічних [1].

Треба розуміти, що вирощування культур у беззмінних посівах, особливо технічних, тільки за рахунок природної родючості призводить до погіршення родючості ґрунту [2]. За даними Дудкіної Т. О., при беззмінному вирощуванні культур у варіантах без внесення добрив знизився вміст лужногідролізованого і мінерального азоту, а також рухомого фосфору. Суттєвих змін у вмісті калію і pH ґрунтового розчину не відбулося. За внесення повного мінерального добрива зниження спостерігалось лише за вмістом рухомого фосфору, решта ж показників або залишилися без змін (лужногідролізований азот та pH ґрунтового розчину) або підвищили свій зміст (мінеральний азот та обмінний калій) [3].

Значну роль при вирощуванні конопель у беззмінних посівах на агрохімічні показники ґрунту мало внесення вапна на кислих ґрунтах. Вапнування впливало не тільки на гідролітичну кислотність, а взагалі окупність внесення різних за походженням добрив [4].

Загалом на сьогодні накопичений великий матеріал щодо кількісної оцінки всієї сукупності основних властивостей ґрунтів і їх впливу на продуктивність землеробства [5, 6]. До критерії оптимальності технології обробітку сільськогосподарських культур поряд із урожайністю і якістю продукції все більшого значення набувають збереження родючості ґрунтів [7].

Отже, для розроблення технології вирощування конопель посівних у монокультурі необхідно дослідити формування агрохімічних показників ґрунту за внесення різних за походженням добрив. Що дозволить визначити базові

норми внесення цих добрив, за яких не буде відбуватися погіршення показників родючості ґрунту.

6.1. Динаміка вмісту гумусу в ґрунті при вирощуванні конопель у монокультурі

Саме з метою проведення оцінки можливостей підвищення концентрації посівів конопель і використання беззмінних посівів у 2009–2013 рр. була проведена система польових досліджень.

Схема дослідів докладно описана у розділі 2. Основні агрохімічні показники при закладці дослідів наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Початкові агрохімічні параметри ґрунту ділянок польового досліду з монокультурою конопель, 2009 рік

Варіанти дослідів	Вміст гумусу,%	Загальний азот, мг/кг ґрунту	Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту	Обмінний калій, мг/кг ґрунту
1. Без застосування добрив (контроль)	3,5	233	110	134
2. $N_{60}P_{45}K_{45}$	3,4	202	122	112
3. $N_{120}P_{90}K_{90}$	3,5	221	106	127
4. $N_{200}P_{100}K_{240}$	3,5	214	117	131
5. Гній – 20 т/га	3,5	215	115	124
6. Гній – 40 т/га	3,4	232	123	116
7. Гній – 80 т/га	3,4	213	112	113
8. $N_{60}P_{45}K_{45}$ + гній 20 т/га	3,5	226	109	132

Ґрунти, на яких проводились дослідження, відносили до темно-сірих лісових слабоопідзолених на глині. Рівень гідролітичної кислотності 4,0 мг/еквіваленти, сума поглинених основ – 18,4 мг/екв.

Вміст гумусу в орному шарі ділянок варіантів дослідів був близьким, проте неоднаковим. Коливання вмісту гумусу в ґрунті було в межах від 3,4 до 3,5 %. Вміст загального азоту (N) в орному шарі містить різні форми азотних мінеральних сполук: NO_3, NH_4. Загальний вміст сполук азоту (N) в орному шарі становив від 202 до 233 мг/кг ґрунту. Запаси рухомого фосфору (P_2O_5) в орному шарі ґрунту ділянок досліду були низькими і перебували в межах від 106 до 123 мг/кг ґрунту. Наявність сполук обмінного калію (K_2O) в ґрунті на початок проведення досліджень із беззмінними посівами конопель була в межах від 112 до 132 мг/кг ґрунту.

Обґрунтовуючи технологію вирощування конопель у монокультурі, слід ураховувати динаміку основних агрохімічних показників орного шару ґрунту на ділянках проведення досліджень, що визначаються методом порівняння результатів, які були отримані перед початком закладки досліду, з аналогічними, що одержані після його завершення.

Як відомо, одним із найважливіших показників рівня потенційної родючості ґрунтів є вміст у них гумусу. Вміст гумусу – показник відносно стабільний і залежить від того, який баланс речовин, що містять органічний вуглець, надходить до орного шару і як швидко відбувається процес мінералізації високомолекулярних органічних сполук (гумінових кислот, що формують гумус) у процесі вирощування культури.

На ділянках варіанта 1 (за схеми досліду у процесі вегетації беззмінних посівів конопель добрива не застосовували) упродовж років проведення досліджень наявний в орному шарі гумус поступово проходив процеси мінералізації. Поповнення запасів гумусу не компенсувалось поверненням. За роки проведення досліджень вміст гумусу в орному шарі на контрольному варіанті знизився до 3,3 % або на 0,2 % (рис. 6.6).

Порівнюючи зміни агрохімічних показників родючості ґрунту до і після проведення п’ятирічного беззмінного вирощування посівів конопель у зазначеному варіанті, можна узагальнити, що отримання урожаю культури

відбувалось лише за рахунок природної родючості орного шару та гуміфікації рослинних решток.

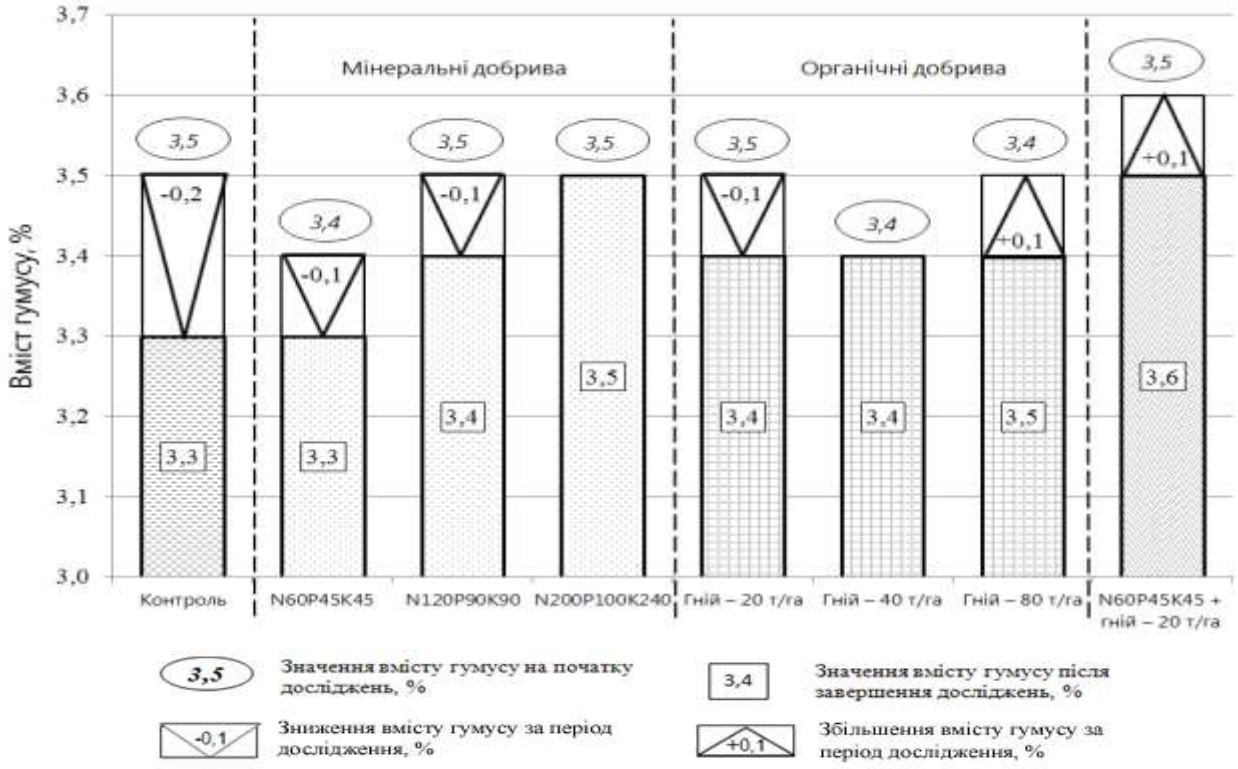


Рис. 6.1. Динаміка вмісту гумусу, залежно від норми добрив за 5-річний термін монокультури, 2009 – 2013 рр.

Вивчення динаміки гумусу в варіантах досліду з внесенням мінеральних добрив показало, що за мінерального живлення $N_{60}P_{45}K_{45}$ (варіант 2) вміст гумусу після завершення п’яти років вирощування культури знаходився на рівні 3,3 %. Зниження показника на 0,1 % порівняно з початковими даними свідчить про негативний баланс органічних речовин і є своєрідним індикатором, що показує переважання процесів мінералізації перед синтезом органічних високомолекулярних сполук, що входять до складу ґрунту.

Підвищення норми внесення мінеральних добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ підтвердило тенденцію до зниження рівня показників родючості у орному шарі. Вміст гумусу у ґрунті склав 3,4 %, хоча різниця порівняно до початкової склала 0,1%. Водночас необхідно враховувати різницю у вихідних даних: 3,4 % гумусу у другому варіанті та 3,5 % – у третьому. Тому правомірно говорити не про

зниження, а лише про тенденцію, яка, на жаль, також свідчить про переважання процесів мінералізації.

Збільшення норм щорічного внесення мінеральних добрив до $N_{200}P_{100}K_{240}$ (варіант 4) забезпечувало отримання бездефіцитного балансу гумусу, що становив 3,5 %. Отже, можна стверджувати, що щорічне внесення мінеральних добрив нормою $N_{200}P_{100}K_{240}$ є можливим при вирощуванні конопель у монокультурі з агроекологічної точки зору.

Використання удобрення для беззмінних посівів конопель у формі органічних добрив (гній) восени під оранку у нормі внесення 20 т/га (ділянки варіанта 5) проявляли комплексну дію на родючість ґрунту. Органічні добрива були джерелом мінерального живлення рослин і поповнення орного шару органічною речовиною, що є депо енергії та органічних сполук вуглецю (С) для комплексу організмів мікрофлори, які забезпечують трансформацію речовин і формування гумінових кислот – складових частин гумусу.

Водночас повного переходу на застосування як джерела поживних речовин для рослин культури лише органічних добрив у запланованих за схемою проведення досліджень було недостатньо, щоб повністю компенсувати обсяги виносу органогенних речовин беззмінними посівами конопель. Порівняння результатів агрохімічних аналізів вмісту гумусу до і після закінчення проведення досліджень у варіанті 5 свідчить про тенденцію до певних негативних змін. Вміст гумусу був на рівні 3,4 % або характеризувався зниженням на 0,1 % порівняно з початковим показником.

Узагальнюючи показники агрохімічних аналізів ґрунту на ділянках п’ятого варіанта, зазначимо, що застосування органічних добрив здатне компенсувати виноси органогенних сполук рослинами культури, однак за умови, що норми внесення органічних добрив будуть більшими порівняно з тими, що були використані на цьому варіанті.

Така тенденція була підтверджена результатами агрохімічних досліджень ґрунту на ділянках наступного варіанта, де норми внесення органічних добрив

кожного року були на рівні 40 т/га. Такий обсяг надходження органіки практично повністю компенсував процеси мінералізації в орному шарі, винос яких здійснювали рослини культури у процесі вегетації. Так, вміст гумусу у ґрунті за п’яти років беззмінного вирощування посівів конопель практично залишився на попередньому рівні. Відповідно процеси мінералізації органічної речовини були повністю компенсовані регулярним поповненням, яке надходило кожного року до орного шару за рахунок органіки.

Застосування під беззмінні посіви конопель органічних добрив (гній) щорічно нормою внесення 80 т/га (варіант 7) забезпечувало отримання не лише максимальних урожаїв соломи з луб’яним волокном, а й позитивного балансу органогенних речовин у орному шарі ґрунту. Вміст гумусу в орному шарі становив 3,5 % або перевищував початковий показник на 0,1 %.

За комплексного застосування мінеральних та органічних добрив, незважаючи на те, що кожен вид добрива застосовувався в не високих нормах, спостерігалось зростання вмісту гумусу. Так вирощування конопель на варіанті 8 з використанням щорічно органічних (20 т/га) та мінеральних добрив ($N_{60}P_{45}K_{45}$) було доцільним. Вміст гумусу в орному шарі склав 3,6 % і перевищував показники попередніх агрохімічних аналізів на 0,1 %, тобто правомірно говорити не лише про бездефіцитний баланс органічної речовини, а й про позитивну тенденцію до зростання.

Таким чином, дослідження динаміки агрохімічних показників ґрунту та врожайності соломи конопель засвідчили про те, що щорічне внесення мінеральних та органічних добрив у досліді майже рівноцінне варіанту з максимальною врожайністю у 7,3 т/га при внесенні 80 т/га гною. Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{45}K_{45}$ додатково до 20 т/га гною за динамікою основних агрохімічних характеристик ґрунту та врожайності соломи замінює 40 та більше тонн органічних добрив на 1 га

6.2. Вплив монокультури конопель на динаміку вмісту основних макроелементів у ґрунті

До основних агрохімічних показників орного шару ґрунту, окрім вмісту гумусу, відносять забезпеченість загальним азотом, рухомим фосфором та обмінним калієм.

Результати контрольного варіанта показали негативний вплив беззмінних посівів на стан зазначених показників (табл. 6.2). Так, баланс сполук загального азоту у ґрунті на час завершення досліду становив 162 мг/кг ґрунту, тобто знизився порівняно з показниками попередніх досліджень на 71 мг/кг ґрунту або 30,5 % до початкових показників.

Таблиця 6.2

Вплив монокультури конопель на динаміку основних макроелементів в орному шарі ґрунту, 2009–2013 рр.

Варіанти дослідів	Агрохімічні показники орного шару ґрунту					
	загальний азот		рухомий фосфор		обмінний калій	
	мг/кг	зміни до попереднього аналізу	мг/кг	зміни до попереднього аналізу	мг/кг	зміни до попереднього аналізу
1	162	-71	84	-26	128	-06
2	174	-28	96	-24	110	-02
3	191	-30	98	-08	123	-04
4	213	+02	111	-06	130	-01
5	192	-23	107	-08	119	-05
6	241	+09	119	-04	110	-06
7	246	+33	115	+03	114	+01
8	234	+08	108	-01	132	0

Оцінюючи зміни наявності сполук загального азоту, необхідно враховувати той факт, що цей показник є дуже лабільним і може суттєво коливатись упродовж вегетаційного періоду залежно від інтенсивності його використання рослинами, промивання орного шару опадами і процесами денітрифікації.

Водночас відсутність внесення добрив суттєво впливала на баланс сполук азоту, які надходили лише із наявних запасів і внаслідок мінералізації гумусу в орному шарі ґрунту. Тобто відносне поповнення запасів сполук азоту у ґрунті могло відбуватись лише завдяки наявним органічним речовинам.

Наявність у ґрунті сполук рухомого фосфору (P_2O_5) за роки проведення досліджень на варіанті 1 знизилась на 26 мг/кг ґрунту. Наявність сполук фосфору після беззмінного вирощування посівів конопель посівних була 84 мг/кг ґрунту.

Наявність сполук обмінного калію (K_2O) після років вирощування беззмінних посівів у орному шарі ґрунту знизилась до 128 мг/кг або на 6 мг/кг порівняно з показниками агрохімічних аналізів, які проводили перед закладкою дослідів.

Низькими урожаями соломи конопель посівних були відмічені посіви на ділянках другого варіанта. Невисокі норми внесення мінеральних добрив із урахуванням коефіцієнтів засвоєння поживних речовин рослинами культури не забезпечували повної потреби посівів у мінеральному живленні. Наприклад, сполуки рухомого фосфору, наявні в мінеральному добриві нітрофоска (сполуки метафосфорної кислоти), у перший рік після внесення у ґрунт можуть бути засвоєні лише на 20–25 %. Тому необхідний обсяг мінерального живлення рослини культури отримували із запасів, які є у ґрунті.

Так, на цьому варіанті зафіксована 17-ти відсоткова тенденція зниження показників вмісту сполук загального азоту. Їх наявність становила 174 мг/кг ґрунту, тобто на 28 мг/кг менше порівняно із зразками, які аналізували до початку закладки дослідів.

Вміст сполук рухомого фосфору в орному шарі ґрунту теж підтверджував ту ж саму тенденцію зниження рівня родючості орного шару в результаті беззмінного вирощування посівів конопель посівних. Наявність сполук рухомого фосфору була в середньому 98 мг/кг ґрунту або на 26 мг/кг ґрунту

менше порівняно із зразками до початку проведення досліджень. На відміну від рухомих сполук азоту сполуки фосфору в орному шарі є більш стабільними

Вміст сполук обмінного калію у ґрунті після завершення вирощування беззмінних посівів культури на варіанті 2 становив 110 мг/кг ґрунту. Зниження порівняно з показниками попереднього аналізу було незначним – 0,2 мг/кг, тому правомірно говорити не про зниження, а про тенденцію до зниження. Такі результати можуть бути пояснені тим фактом, що у ґрунтовому поглинальному комплексі сполуки калію здатні переходити у розчинні форми і компенсувати величину виносу, який здійснюють рослини культури зі значних запасів сполук калію, наявних у нерозчинній формі в орному шарі.

Агрохімічні аналізи ґрунту після завершення вирощування беззмінних посівів конопель посівних із ділянок варіанта 3 підтвердили тенденції змін рівня показників родючості до зниження поряд із підвищенням норм внесення мінеральних добрив. Наявність в орному шарі ґрунту сполук загального азоту становила 191 мг/кг тобто відрізнялась від результатів попередніх аналізів на 30 мг/кг. Ураховуючи той факт, що сполуки азоту є досить рухомими, така різниця є невисокою. Вміст у ґрунті сполук рухомого фосфору після завершення беззмінного вирощування посівів конопель посівних становив 98 мг/кг Різниця порівняно з показниками попередніх агрохімічних аналізів становила 8 мг/кг ґрунту. Порівняно з різницею вмісту сполук рухомого фосфору у ґрунті ділянок попередніх варіантів (1, 2) вона була меншою у 3 і більше раза.

Наявність сполук обмінного калію в орному шарі ґрунту становила 123 мг/кг, різниця величини показників порівняно із попереднім аналізом була на рівні 4 мг/кг. Порівняння агрохімічних показників наявності основних макроелементів в орному шарі ґрунту ділянок варіанта 3 доводить, що щорічне застосування мінеральних добрив у досліджуваній нормі суттєво знижувало інтенсивність наростання їх дефіциту у процесі беззмінного вирощування посівів культури, але не повністю.

Максимальні по досліду норми внесення мінеральних добрив ($N_{200}P_{100}K_{240}$) забезпечували наявність в орному шарі ґрунту сполук загального азоту на рівні 213 мг/кг, що перевищувало рівень показників початкового аналізу на 2 мг/кг. Отже, простежується позитивна тенденція балансу сполук азоту.

Дослідження балансу у ґрунті сполук рухомого фосфору не зафіксували позитивних змін. Вміст сполук рухомого фосфору становив 111 мг/кг ґрунту, або був нижчим за попередні показники на 6 мг/кг. Відповідно маємо від'ємний баланс сполук рухомого фосфору в орному шарі, хоча різниця була незначною.

Вміст сполук обмінного калію у ґрунті становив 130 мг/кг, а різниця з результатами попередніх агрохімічних аналізів становила лише 1 мг/кг.

Отже, можна стверджувати, що при щорічному внесенні добрив у нормі $N_{200}P_{100}K_{240}$ під беззмінні посіви конопель вміст сполук загального азоту проявляв тенденцію до зростання, а наявність сполук рухомого фосфору та обмінного калію була близькою до бездефіцитного балансу.

У варіанті із щорічним застосуванням органічних добрив нормою 20 т/га гною наявність у ґрунті сполук загального азоту була на рівні 192 мг/кг, що на 23 мг/кг менше порівняно із початковими аналізами. Вміст рухомих сполук фосфору в орному шарі був на рівні 107 мг/кг ґрунту, що є меншим на 8 мг/кг до початкового.

Подібна тенденція проявлялась і з балансом у ґрунті сполук обмінного калію. В результаті агрохімічних аналізів після закінчення польових досліджень в орному шарі варіанту із найбільшим внесенням мінеральних добрив у досліді було зафіксовано наявність 119 мг/кг, тобто зниження порівняно з попереднім аналізом було на рівні 5 мг/кг. У такому разі правомірно говорити лише про тенденцію, а не достовірне зниження.

У разі щорічного подвоєння норми внесення органічних добрив наявність у ґрунті сполук загального азоту була на рівні 241 мг/кг і проявляла тенденцію до позитивного балансу. Перевищення початкових показників спостерігалось

на 9 мг/кг ґрунту. Водночас наявність в орному шарі сполук рухомого фосфору мала дещо негативну тенденцію. Його вміст становив 119 мг/кг, що на 4 мг/кг менше за вихідні показники. Подібна тенденція балансу була зафіксована і з вмістом в орному шарі сполук обмінного калію. Вміст його сполук був на рівні 110 мг/кг, тобто поступався рівню попередніх аналізів на 6 мг/кг.

За внесення максимальної у досліді норми гною – 80 т/га (варіант 7) установлено, що наявність сполук загального азоту в орному шарі була однією з найвищих у дослідженнях – 246 мг/кг ґрунту. Про позитивний баланс сполук такого рухливого в орному шарі елемента свідчить різниця показників агрохімічних аналізів. Показники останніх аналізів перевищують початкові на 33 мг/кг.

Як вже зазначалося, сполуки рухомого фосфору і калію у ґрунті є більш стабільними порівняно зі сполуками азоту. Їх вміст становив 115 мг/кг ґрунту та 114 мг/кг, тобто перевищував вихідні показники на 3 та 1 мг/кг, відповідно, що свідчить про тенденцію до бездефіцитного їх балансу.

Використання органо-мінеральної системи удобрення виявилось доцільним при монокультурі конопель посівних. Так, вміст сполук загального азоту становив 234 мг/кг ґрунту, тобто перевищував показники попередніх аналізів на 8 мг/кг.

Водночас вміст сполук рухомого фосфору був на рівні 108 мг/кг ґрунту і проявляв не значну тенденцію до зниження. Наявність сполук обмінного калію в орному шарі була на рівні 132 мг/кг ґрунту, що відповідає показникам агрохімічних аналізів перед початком закладання досліду.

Отже, можна зазначити, що динаміка, виявлена в результаті порівняння результатів агрохімічних аналізів ґрунту вмісту сполук загального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію по деяким варіантам досліду свідчить про певні тенденції, близькі до показників балансу, тобто дозволяє вирощувати беззмінно культуру конопель без зниження рівня родючості ґрунту.

Підсумовуючи результати агрохімічних аналізів ґрунту до і після 5-річного вирощування конопель у монокультурі, можна стверджувати, що за достатнього внесення органічних добрив (40 т/га і більше) або комплексного внесення мінеральних добрив нормою $N_{60}P_{45}K_{45}$ та гною нормою 20 т/га (ділянки варіанта 8) відсутня динаміка до зниження рівня родючості ґрунту під посівами конопель.

6.3. Урожайність монокультури конопель

Обсяг виробництва будь-якої рослинної продукції залежить від багатьох факторів. На обсяги виробництва насамперед впливають кон'юнктура ринку і потреба у конкретному виді технічної сировини [8]. Водночас важливе значення мають і біологічні особливості рослин культури та їх вплив на орний шар ґрунту в процесі вирощування. Такі закономірності характерні і для посівів конопель, особливо в умовах монокультури, рис. 6.2.

Закони економіки нав'язують агарному виробництву свої підходи до процесів вирощування рослинної сировини. Серед таких законів є і «Закон максимальної концентрації і спеціалізації виробництва». Логіка цього закону проста і зрозуміла. Висока спеціалізація і концентрація виробництва дозволяє досягати максимального виходу необхідної товарної продукції з одиниці орних земель, використовувати мінімальну кількість спеціалізованої техніки, зменшувати плече перевезення технічної сировини і забезпечувати сировиною переробні підприємства, спеціалізувати роботу агрономів і механізаторів саме на питаннях вирощування пріоритетних культур [9].

Тобто оцінка можливості концентрації і спеціалізації та беззмінних посівів конопель посівних у площині економіки є не лише можливою, а й бажаною [10].

Утім аграрне виробництво на відміну від інших форм матеріального виробництва ґрунтується передусім не на економічних, а на біологічних процесах, які є набагато складнішими порівняно з промисловим технічним

виробництвом, наприклад у металургії або машинобудуванні [11]. Біологічні закони такі ж об’єктивні, як і закони фізики або хімії, та їх ігнорування відповідно до вимог економіки призводить до невдач [12]. Саме біологічні фактори за однакових ґрунтово-кліматичних умов вливають на якісні показники продукції [13].

А



Б



Рис. 6.2. Дослід з монокультурою конопель: А – рослини у фазі бутонізації (червень); Б – фаза технічної стиглості (серпень); 2010 рік

Які біологічні закономірності необхідно враховувати у процесі підвищення концентрації і визначення меж спеціалізації виробництва конопель? Беззмінні посіви будь-якої культури і конопель зокрема, для свого успішного росту і розвитку вимагають відповідних умов зовнішнього середовища [14]. Такі умови необхідні і для вирощування посівів конопель у класичних сівозмінах [15]. Тобто тут на перший погляд ніяких відмінностей немає. Водночас детальний аналіз доводить, що різниця є. Передусім на площах, де відбувається беззмінне вирощування посівів конопель, зростає наявність спеціалізованих для рослин культури комах-шкідників і збудників хвороб. На перших етапах концентрації такі зміни можуть бути незначними, проте за умов зростання тривалості періоду вирощування беззмінних посівів тенденція наростання наявності шкідливих організмів буде загострюватись [16].

Важливим фактором, що може бути проблемним у процесі використання беззмінних посівів, є активність кореневих систем рослин культури, насамперед біохімічний характер їх кореневих виділень – колінів. [17]. Накопичення таких біологічно активних речовин у орному шарі з року в рік здатне проявляти відповідні зміни умов вегетації рослин культури. Прикладів автовтоми ґрунту у практиці підвищення концентрації і спеціалізації вирощування сільськогосподарських культур відомо багато: льон – довгунець, буряки цукрові, соняшник тощо. Водночас відомо, що посіви кукурудзи, жита озимого, картоплі та інших здатні легко витримувати беззмінні посіви упродовж десятиліть [18, 19].

Навіть наявність позитивних прикладів толерантності культур до беззмінних посівів не дозволяє ігнорувати певні проблеми, що супроводжують таку систему вирощування сільськогосподарських рослин. Прикладом може бути кукурудза. Широка виробнича практика високої концентрації і застосування беззмінних посівів цієї культури доводить, що тривалість такого періоду вирощування недоцільна більш ніж 4–6 років. Після такого періоду

виникає необхідність робити перерву на два роки та більше і висівати на полі культури з інших ботанічних родин, що не мають спільних збудників хвороб і шкідників [20, 21].

Одним із факторів нейтралізації негативних наслідків вирощування культур у беззмінних посівах є формування високого фону живлення. Однак оцінку раціонального застосування органічних та мінеральних добрив в умовах виробництва можна здійснювати лише з урахуванням багатьох факторів, які впливають на ефективність їх використання. Залежність врожаю сільськогосподарських культур від збільшення норм окремих видів мінеральних добрив та їх поєднань визначається лише експериментально, у вегетаційних та польових дослідах [22].

Загалом погодні умови у роки проведення дослідів були сприятливими для вегетації посівів, хоча тривалі періоди посухи і високих температур вносили свої корективи у процеси росту та розвитку, впливали на інтенсивність процесів фотосинтезу і рівня урожайності посівів та якісні показники отриманої продукції.

Найбільш сприятливими для вегетації рослин культури були умови 2011року. Відповідно рівень урожайності соломи на посівах варіантів 7 та 8 був найвищим – 8,4 т/га, за середнього рівня урожайності у роки проведення досліджень – 7,3 т/га (табл. 6.3.). Найменш оптимальними для вегетації рослин конопель були погодні умови 2010 року. Так, рівень урожайності соломи культури сягав 5,7 т/га (додаток Б).

Аналіз урожайності соломи конопель за роки проведення досліджень показує, що умови вегетації рослин, насамперед рівень забезпечення культури мінеральним живленням, дозволяли отримати схожі показники урожайності по деяким варіантам досліду. Так, середні показники урожайності посівів варіантів 3, 4, 5, 6, 7 були близькими і відрізнялись між собою на 0,1 – 0,6 т/га або у межах 10 %.

Таблиця 6.3

Урожайність та структура врожаю монокультури конопель, залежно від схеми внесення та норм добрив, т/га, 2009 – 2013 рр.

Варіанти досліду		Урожайність соломи		Довжина стебел, см		Частка підгону, %
		т/га	± до контролю, т/га	загальна	технічна	
1	Без добрив (контроль)	3,3	0	152	120	12,3
2	$N_{60}P_{45}K_{45}$	5,4	2,1	167	125	10,6
3	$N_{120}P_{90}K_{90}$	6,7	3,4	172	128	9,5
4	$N_{200}P_{100}K_{240}$	6,9	3,6	188	132	7,9
5	Гній – 20 т/га	6,8	3,5	179	130	6,6
6	Гній – 40 т/га	7,0	3,7	191	134	8,1
7	Гній – 80 т/га	7,3	4,0	210	136	6,4
8	$N_{60}P_{45}K_{45}$ + гній – 20 т/га	7,2	3,9	209	137	6,2
$НІР_{0,05}$			0,24			

Аналіз урожайності зеленцевих посівів конопель за роки проведення досліджень свідчить, що найменші показники рівня урожайності соломи культури відмічені на ділянках варіанта 1 (контроль без застосування добрив). Беззмінні посіви конопель упродовж п’яти років призводять до відповідного зниження доступності основних елементів живлення у ґрунті. Середня урожайність соломи у посівах конопель на контрольному варіанті становила всього 3,3 т/га.

Показники урожайності соломи рослин у варіанті 2 займали проміжне положення між рівнем варіанта 1 та 3–7. Так, упродовж років проведення досліду рослини конопель на ділянках варіанта 2 мали кращий рівень мінерального живлення порівняно з рослинами варіанта 1 і водночас гірший порівняно з показниками у посівах на решті варіантів (3–7). Загальний рівень щорічного внесення поживних речовин реально був меншим за обсяги, які засвоювали рослини культи у процесі вегетації. Збільшення норм мінеральних добрив супроводжувалося покроковим зростанням середньої урожайності

соломи від 5,4 до 6,9 т/га. Слід зазначити, що статистично суттєве збільшення урожайності для варіантів із внесенням мінеральних добрив у порівняні з контролем, було відмічено при застосуванні норм $N_{120}P_{90}K_{90}$ та $N_{200}P_{100}K_{240.}$

Вирощування конопель у монокультурі при щорічному внесені гною формувало урожайність соломи від 6,8 до 7,3 т/га. Зростання також було покроковим і досягало максимального значення у варіанті із щорічним внесенням органіки в нормі 80 т/га. Близький до максимального рівня врожайності соломи, а саме 7,2 т/га, забезпечував варіант із сумісним внесенням мінеральних та органічних добрив, що з точки зору дефіциту органіки є найбільш доцільним при вирощуванні беззмінних посівів культури конопель.

Умови живлення також мали вплив на особливості розвитку й морфологічні зміни у рослин культури, передусім на показники загальної й технічної довжини стебел.

Обліки, проведені у роки досліджень, дозволяють стверджувати, що найбільша загальна довжина стебел рослин конопель була зафіксована у посівах варіанта 7 і становила в середньому 210 см.

У рослин, що вегетували без внесення добрив (контрольний варіант), загальна висота стебел у середньому сягала152 см, що є майже на 30 % меншою від максимального показника у досліді.

Середня за роки проведення досліджень загальна довжина стебел конопель у варіантах 3–6 коливалась в межах 172–191 см.

Для оцінки показників виходу волокна із стебел конопель і довжини механічних луб’яних волокон важливе значення має технічна довжина стебел: довжина надземних частин стебел від поверхні ґрунту до першого розгалуження на верхівці рослин.

Технічна довжина стебел завжди є меншою величиною порівняно із показниками їх загальної довжини. Найбільший показник технічної довжини стебел рослин культури у роки проведення досліджень були відмічений у

варіанті 8 і становив у середньому 137 см.. Найменшу технічну довжину мали рослини на контрольному варіанті – 120 см.

Одним із показників оптимальності умов вегетації конопель у беззмінних посівах є відносно однаковий розвиток стебел рослин культури як на ділянках у повтореннях одного варіанта, так і між різними варіантами дослідів.

У посівах традиційно частина стебел не досягає необхідного рівня росту і розвитку. Такі стебла називають підгонами. Вони є небажаними з господарської точки зору у посіві, адже конкурують із більш розвиненими і потенціально продуктивними рослинами за умови існування. Посіви культури варіанта 1 (беззмінні посіви без застосування добрив), за умов вегетації, що далекі від оптимальних для рослин культури, мали середні показники кількості підгонів за роки проведення досліджень – 12,3 %.

Найменша частка коротких стебел у структурі посіву культури на одиниці площі (метр квадратний), спостерігалась у посівах варіантів 8 (6,2 %) та 7 (6,4 %).

Таким чином, дослідження щодо вирощування конопель у монокультурі дають змогу говорити, що при внесені достатньої кількості добрив рослини культури можуть формувати щорічно високий врожай соломи. Така тенденція підтверджується і показниками оцінки загальної та технічної довжини стебел рослин культури і мінімальною присутністю підгонів у структурі стеблостою.

6.4. Якісні показники волокна конопель у монокультурі

Для більш повної оцінки лубоволокнистої конопляної сировини були визначені показниками технологічних якостей отриманого із соломи конопель луб’яного волокна.

Одним із головних показників ефективності вирощування посівів конопель, крім рівня урожайності соломи, є рівень виходу луб’яних волокон із стебел рослин культури. Частка механічних луб’яних волокон у загальній масі сухих стебел конопель із посівів різних варіантів досліду в роки проведення

досліджень була різною. Виявлено і різницю показників виходу луб'яного волокна у структурі маси стебел рослин культури. Найбільша частка виходу волокна із стебел була зафіксована у рослин, що вегетували в умовах варіантів 7 та 8 і становила в середньому за роки проведення досліджень 30,7 % (табл. 6.4.).

Таблиця 6. 4

Урожайність соломи та якість волокна монокультури конопель залежно від схеми внесення та норми добрив, 2009–2013 рр.

Варіанти удобрення	Урожайність соломи, т/га	Вихід волокна, %	Вихід довгого волокна, %	Номер якості волокна	Сорт волокна
1	3,3	28,1	23,9	6,2	2
2	5,4	29,2	25,0	6,3	2
3	6,7	29,7	25,2	6,4	1
4	6,9	30,2	25,8	6,4	1
5	6,8	30,1	25,7	6,4	1
6	7,0	30,6	25,9	6,4	1
7	7,3	30,7	26,3	6,4	1
8	7,2	30,7	26,5	6,4	1

Найменший вихід волокна із стебел рослин культури у дослідах був у рослин із варіанта 1. Стебла рослин конопель містили в середньому 28,1 % луб'яних волокон. Більше 30,0 % луб'яних волокон у структурі маси стебел було отримано із рослин варіантів 4, 5, та 6.

Луб'яні волокна конопель мають різну технологічну цінність. Найбільш цінними і практичними для переробки є довгі й тонкі волокна. Саме частка наявності тонкого і довгого луб'яного волокна є одним із найголовніших показників технічної луб'яної культури – конопель.

Аналіз частки виходу довгого і тонкого луб’яного волокна із маси стебел конопель, що вегетували у посівах різних варіантів дослідів, показав істотний вплив умов вегетації на якісні показники урожаю.

Беззмінні посіви культури, що вегетували всі роки досліджень без застосування добрив (варіант 1), забезпечували формування і вихід довгого волокна на рівні 23,9 %.

Найвищий показник виходу довгого волокна із стебел рослин культури за роки проведення досліджень був зафіксований у посівах варіанта 8 і склав 26,5 %.

Рослини культури, що вегетували у варіантах 2–7 у роки проведення досліджень, мали вихід довгого волокна від маси стебел рослин конопель у межах 25,0–26,3 %.

Крім показників виходу тонкого волокна, у системі комплексної оцінки якості рослинної продукції луб’яних культур застосовують показники номера волокна, які регламентовані Державними стандартами. Найменший номер якості волокна отримано на контрольному варіанті, що склав 6,2.

Водночас більшість зразків волокна у варіантах досліду відповідали номеру якості 6,4 та 1-му (першому) сорту. Волокно отримане з рослин варіантів 1 та 2 (контроль, де рослини культури вегетували у беззмінних посівах без застосування добрив та з нормою внесення мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$) відповідали за якістю 2-му (другому) сорту.

Аналіз отриманих у досліді показників якості волокна при беззмінних посівів конопель доводить, що культура здатна витримувати монокультуру і достатньо успішно, що підтверджується не тільки достатньою врожайністю соломи, а і показниками якості волокна.

Висновки до розділу

- Встановлено, наявність суттєвого впливу монокультури конопель на агрохімічні параметри ґрунту. За відсутності застосування добрив (контрольний варіант) вміст гумусу в орному шарі став меншим на 0,2 %. У цілому ж

зниження вмісту основних макроелементів становило від 30,5 % (сполуки загального азоту), 23,6 % (сполуки рухомого фосфору) до 4,5 % (сполуки обмінного калію).

- Встановлено, що найменший рівень урожайності конопель за вирощування у монокультурі був у посівах контрольного варіанту (без внесення добрив) і становив 3,3 т/та соломи.

- Експериментально доведено, що монокультура конопель забезпечує стабільний та позитивний баланс гумусу й основних макроелементів за умови щорічного внесення 40 і більше тонн гною на 1 га або комплексному внесенні 20 т/га гною + $N_{60}P_{45}K_{45}$. Середня урожайність соломи, що формується за таких умов, перевищує 7,0 т/га із загальною довжиною стебел вище 190 см та технічною довжиною понад 134 см.

- Доведено, що вирощування конопель у монокультурі не впливає на якісні показники волокна при достатньому удобренні посівів. При внесені мінеральних добрив нормою $N_{120}P_{90}K_{90}$ і вище або більше 20 т/га гною якість волокна відповідає 1 сорту.

Список використаних джерел

1. A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States./ I. Adesina, A. Bhowmik, H. Sharma, Shahbazi A. *Agriculture*, 2020. 10.4. P. 129. URL: doi.org - http://dx.doi.org/10.3390/agriculture10040129 (дата звернення: 20.12.2020).

2. Свиридов В. И., Свиридова О. В. Управление балансом гумуса в севооборотах посредством состава и соотношения посевных площадей возделываемых культур. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 2019. № 2. С. 6–11.

3. Дудкина Т. А. Допустимое насыщение севооборотов полевыми культурами. *Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве*, 2019. С. 261–265.

4. Кабанець В. М. Вплив мікроелементів та вапнування на окупність добрив при вирощуванні конопель посівних в монокультурі. *Луб'яні та технічні культур* : збірник наукових праць. Суми: ФОП Щербина І. В., 2017. № 5(10). С. 163–168.

5. De la Rosa D., Moreno J. A., Mayol F., Bonsón T. Assessment of soil erosion vulnerability in western Europe and potential impact on crop productivity due to loss of soil depth using the ImpelERO model. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2000. 81(3). P. 179-190.

6. Singh R. K., Chaudhary R. S., Somasundaram J., Rashmi I., Hati K. M., Sinha N. K., & Rao A. S. Impact of crop covers on soil properties, runoff, soil-nutrients losses and crop productivity in Vertisols of central India. *Indian J Soil Cons*. 2014. 42, 268-275.

7. Сычев В. Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М. : РАН, 2019. 328 с.

8. Радіщук Т. П. Вплив кон'юнктури товарного ринку на інноваційний розвиток підприємства. *Агросвіт*. 2015. № 20. С. 98–104.

9. Finnan J., Styles D.. Hemp: a more sustainable annual energy crop for climate and energy policy. *Energy Policy*. 2013. № 58. P.152-162

10. Канінський П. К. Наукові засади спеціалізації аграрного виробництва. *Вісник ЖДТУ : Економіка, управління та адміністрування*. 2006. № 3 (37). С. 174–180.

11. Arfini F. Bio-economic models applied to agricultural systems. *European Review of Agricultural Economics*. 2012. V. 39. I. 5, , P. 884–888

12. Вернадский В. И. Биосфера. Москва : Мысль, 1967. 376 с.

13. Hernandez A., Westerhuis W , van Dam J. E. G. Microscopic study on hemp bast fibre formation. *Journal of Natural Fibres*. 2007. Vol. 3, Iss. 4. P. 1–12.

14. Климчук О. В. Фенотипова реакція вихідного матеріалу кукурудзи на монокультуру : зб. наук. праць ВДАУ. Вінниця, 2005. Вип. 23. С. 9–13.

15. Cherney J. H., Small E. Industrial hemp in North America: production, politics and potential. *Agronomy*. 2016. № 6(4), P. 58.

16. Федоренко В. П., Кабанець В. В., Кабанець В. М. Шкідники конопель посівних. К. 2016. С. 71–78.

17. Jalgaonwala R., Mahajan R. A review on microbial endophytes from plants: A treasure search for biologically active metabolites. *Global Journal of Research on Medicinal Plants & Indigenous Medicine.* 2014. № 3(6), 263. P. 263–277.

18. Гродзинский А. М. Аллелопатия растений и почвоутомление. К. : Наукова думка, 1991. 432 с.

19. Fedotov G. N., Shoba S. A., Fedotova M. F., Gorepekin I. V. (2019). The impact of soil allelotoxicity on germination of grain seeds. *Eurasian Soil Science*. 2019. № 52(4), P. 448–454.

20. Девятова Т. А. Стороженко Н. В., Крамарева Т. Н. Фактор времени в изучении влияния проёмов земледелия на агроэкологическое состояние черноземов. *Вестник Воронежского государственного университета : Химия. Биология. Фармация*. 2004. № 2. С. 135–138.

21. Bocsa I., Karus M., Gohmeyer D. Der Hanfanbau. Munster : Gandevirtschaftsverlag GmbH. 2000. 196 p.

22. Werf H. V. D., Mathussen E. W. J. M., Haverkort A. J. The potential of hemp (Cannabis sativa L.) for sustainable fibre production: a crop physiological appraisal. *Annals of Applied biology*. 1996. № 129(1), P. 109-123

Публікації здобувача, використані при написанні розділу

1. Кабанець В. М. Вплив мікроелементів та вапнування на окупність добрив при вирощуванні конопель посівних в монокультурі. *Луб'яні та технічні культури* : збірник наукових праць. Суми : ФОП Щербина І. В., 2017. № 5(10). С. 163–168.

2. Федоренко В. П., Кабанець В. В., Кабанець В. М. Шкідники конопель посівних. К. 2016. 192 с.

3. Кабанець В. М., Бердін С. І. Вплив беззмінних посівів конопель посівних на агрохімічні показники орного шару ґрунту. *«Аграрні інновації»*. Херсон, 2020. № 3. С. 33–39.

РОЗДІЛ 7

ВИРОЩУВАННЯ КОНОПЕЛЬ НА ТОВАРНЕ НАСІННЯ

Коноплі – важлива технічна культура, яка забезпечує сировиною легку промисловість. Її волокно має низку специфічних властивостей, які в багатьох галузях народного господарства неможливо замінити іншими видами рослинних і штучних волокон, а насіння конопель містять значну кількість рослинної олії з високими смаковими і технічними властивостями [1]. Однак у нашій країні посівні площі конопель реально не зростають з багатьох причин.

Розроблені у попередні роки технології вирощування посівів конопель за змін умов вирощування і специфіки біології нових створених сортів вимагають постійної адаптації. Необхідне удосконалення елементів технології вирощування на основі нових, більш повних знань специфіки біології і фізіології рослин культури та їх реакції на зміни факторів середовища у процесі органогенезу рослин конопель у посівах, які б забезпечували стабільні й високі врожаї з найменшими економічними затратами, проте з високою якістю продукції [2].

Дослідження реакції рослин конопель різних сортів на різну оптичну густоту їх стояння у посівах (зміна норм висіву насіння, величина доз мінерального живлення на продуктивність конопель та показники якості отриманої продукції) були необхідними для об’єктивної оцінки таких процесів і формування конкретних практичних рекомендацій фахівцям з технологічного обґрунтування процесів диференціації культури відповідно до запитів сучасного суспільства [3]. Як і інші високопродуктивні сільськогосподарські культури коноплі посівні як біологічний вид і сучасні їх сорти проявляють свої специфічні реакції на зміну факторів зовнішнього середовища і є дуже вимогливими до умов вегетації [4].

В основі формування органічних речовин усіх зелених рослин-автотрофів, і конопель посівних зокрема, є процеси фотосинтезу. Для синтезу

глюкози – першого продукту у складному комплексі фотохімічних і біохімічних реакцій фотосинтезу – рослини потребують наявності обов'язкових факторів: хлорофілу, енергії ФАР, відповідного рівня температури середовища (оптимальна 19–25^{0}С), води (H_2O) та вуглекислого газу (CO_2). Проте наявності глюкози та акумульованої в її сполуках енергії променів Сонця для забезпечення нормального перебігу біохімічних реакцій, що необхідні для процесів росту і розвитку рослин, недостатньо. Рослини потребують компонентів для реакцій синтезу білків, жирів та інших органічних речовин різної хімічної будови, необхідних для проходження етапів органогенезу.

Для забезпечення формування і функціонування систем акумуляції, транспорту і використання акумульованої в молекулах глюкози сонячної енергії для рослин конопель потрібні сполуки фосфору. Саме фосфор є обов'язковим компонентом сполук ДНК, РНК, АТФ, АДФ, НАДФ, НАДФН.

Наявність достатньої кількості сполук фосфору (PO_4) у клітинах рослин забезпечує нормальний перебіг енергетичного обміну, формування і розвиток кореневої системи, закладку і функціонування генеративних структур рослин: квіток, суцвіть, насіння, плодів. Невеликі запаси органічних сполук (фітин), що містять фосфор, які є в насінні у процесі проростання швидко вичерпуються і молода рослина має забезпечувати свої потреби доступними сполуками фосфору, що є у ґрунтовому розчині орного шару за допомогою кореневих волосків своєї кореневої системи [5].

Засвоєння таких сполук фосфору відбувається лише в результаті активного мембранного перенесення, що проходить із затратами енергії рослини (молекул АТФ). Саме така фізіологічна особливість проростків і ювенільних рослин культури вимагає обов'язкового внесення фосфорних добрив під час проведення сівби конопель посівних [6].

Для нормального росту і розвитку рослинам культури необхідні білки. Саме білки є будівельним матеріалом клітинних стінок, біологічних мембран у цитоплазмі клітин, виконують специфічну роль білків ферментів для успішного

здійснення процесів синтезу та гідролізу, білки і їх складові амінокислоти є обов'язковими компонентами ДНК, РНК, АТФ та інших важливих речовин у клітинах [7].

Обов'язковим компонентом амінокислот, із яких формують молекули білків, є сполуки азоту (N). Саме наявність достатньої кількості сполук азоту забезпечує рослинам конопель посівних можливість здійснювати активні процеси росту вегетативних органів: стебел, листків, здійснювати процеси фотосинтезу, формувати урожай.

Рослини конопель посівних добре реагують на різні форми азотних добрив. Водночас їх засвоєння кореневою системою має свої особливості. Амонійні сполуки азоту (NH_4) кореневі волоски засвоюють з ґрунтового розчину без затрат енергії, тобто шляхом «пасивного перенесення» в цитоплазму. Нітрати і нітрити (NO_3 і NO_2) навпаки можуть бути засвоєні з ґрунтового розчину лише шляхом активного мембранного перенесення, тобто з затратами енергії АТФ цитоплазми кореневих волосків рослин культури [3].

Забезпечення активних обмінних процесів, підтримка необхідного рівня осмотичного тиску в цитоплазмі клітин, здатність утримувати воду і проявляти стійкість до несприятливих факторів зовнішнього середовища: високих температур, посухи, холодів, наявності збудників хвороб здійснюють у рослинах конопель посівних сполуки калію (K_2O) [8].

Катіони калію (K^+) здатні шляхом «пасивного мембранного перенесення» надходити із ґрунтового розчину в цитоплазму кореневих волосків рослин культури. Крім названих макроелементів, рослини конопель активно засвоюють із ґрунтового розчину мезоелементи: сполуки магнію (Mg), кальцію (Ca), сірки (S). Необхідні рослинам культури і мікроелементи: сполуки заліза (Fe), міді (Cu), молібдену (Mo), нікелю (Ni), марганцю (Mn), бору (B) тощо. Мікроелементи насамперед необхідні для синтезу білків ферментів, де атоми відповідних мікроелементів забезпечують виконання біокаталітичних функцій.

Аналіз вмісту різних хімічних елементів у сухій масі рослин конопель посівних доводить, що найбільше таких хімічних елементів, як вуглець (С), кисень (О) і водень (Н). Частка всіх інших елементів становить 1,8% [2].

Утім наявність таких речовин для рослин культури є обов'язковою і без достатньої їх кількості забезпечити процеси життєдіяльності та формувати урожай неможливо. Для успішної вегетації і забезпечення високого рівня урожайності посівів конопель посівних рослини мають бути впродовж вегетаційного періоду забезпечені всіма факторами довкілля, зокрема і мінеральним живленням. Основний обсяг сполук мінерального живлення (крім CO_2) рослини отримують через кореневу систему з орного шару ґрунту [9].

Для отримання запланованого високого урожаю необхідно враховувати наявність запасів доступних для рослин культури сполук як макро-, мезо-, так і мікроелементів із відповідними коефіцієнтами їх засвоєння. Ту частину обсягів мінерального живлення, якої не вистачає в орному шарі, необхідно своєчасно внести в орний шар у формі добрив. Коноплі посівні добре реагують на внесення як органічних, так і мінеральних добрив.

Рослини культури досить вимогливі до рівня їх забезпечення у процесі вегетації мінеральним живленням.

На формування тонни волокна з відповідною кількістю побічної продукції коноплі посівні засвоюють з ґрунту: по 160 кг азоту і калію, 35 кг фосфору [10].

Отримання високих урожаїв можливе лише за достатньої забезпеченості рослин поживними елементами. Недостатня кількість будь-якого основного елемента живлення негативно впливає на продуктивність рослин.

Внесення лише азотного добрива підвищує врожайність біомаси, проте знижує міцність волокна. Застосування лише фосфорного мінерального добрива, посилюючи міцність волокна, скорочує його накопичення у стеблах, знижує рівень урожайності насіння, а також вміст білка та олії.

Внесення азотних і фосфорних добрив без калійних скорочує приріст сухої речовини, а отже, знижує врожай насіння і волокна [11].

У зоні вирощування конопель останніми роками у виробництво впроваджують нові однодомні сорти культури. Серед них особливе місце займає новий сорт однодомних конопель Гляна, який набув поширення серед виробників в Україні. Цей сорт одержали від сорту ЮСО-31 методом багаторазового сімейно-групового добору в напрямку підвищення стабільності популяції в ознаці статевої належності, високих показників продуктивності, мінімального вмісту канабіноїдних сполук із використанням методу половинок [2].

З метою визначення базових параметрів сівби і раціональних доз внесення мінеральних добрив для отримання товарного насіння конопель в 2009–2011 рр. були проведені польові дослідження на експериментальній базі Інституту луб'яних культур НААН (м. Глухів, Сумська обл.). Кількісні та якісні параметри врожаю насіння та стебел конопель визначали згідно з ДСТУ [12, 13, 14].

7.1. Формування структури посівів залежно від норми висіву насіння та норми мінеральних добрив

Роки проведення досліджень різнились за погодними умовами, що дозволило провести більш об'єктивну оцінку досліджуваних факторів щодо впливу на них погодних умов. Такі погодні умови забезпечували формування близьких до розрахункових значень параметрів посівів для отримання товарного насіння, рис. 7.1

Польова схожість рослин через 10 діб після повних сходів була різною за роками досліджень і становила від 62,2 % (2010 р.) до 87,7 % (2009 р.). Найвища кількість сходів за трьома роками досліджень була в досліді з найбільшою нормою висіву насіння – 0,5 млн шт/га (від 43 до 49 шт/м^2). У середньому за роками досліджень така кількість рослин менша на 35,4 шт/м^2

від ділянок у досліді з найменшою нормою висіву насіння – 0,125 млн шт./га (табл. 7.1).

А



Б



Рис. 7.1. Загальний вигляд посіву для отримання товарного насіння з нормою висіву ‘0,5 млн схожих насінин/га: А – фаза повних сходів; Б – ювенільні рослини (травень 2009 року)

До настання фази бутонізації суттєвої різниці в особливостях росту і розвитку рослин культури у дослідах на різних фонах внесення мінеральних добрив виявлено не було. Третя пара листків на рослинах у середньому за три роки досліджень з’явилась дружно, майже одночасно. Фаза бутонізації та

цвітіння на усіх фонах мінерального живлення наступала суттєво пізніше порівняно з рослинами у досліді без застосування добрив.

Таблиця 7.1

Густота стеблестою у посівах рослин сорту Гляна (середнє за 2009–2011 рр.)

Варіант	Польова схожість, %	Кількість рослин, шт./м^2
0,125 млн шт./га		
контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	84,6	11
$N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	76,9	10
$N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	84,6	11
$N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	84,6	11
$N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	84,6	11
Середнє по досліду	*83,06*	*10,8*
0,25 млн шт./га		
контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	84,6	22
$N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	88,5	23
$N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	84,6	22
$N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	92,3	24
$N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	88,5	23
Середнє по досліду	*87,7*	*22,8*
0,50 млн шт./га		
контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	86,8	46
$N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	81,1	43
$N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	92,5	49
$N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	90,6	48
$N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	84,9	45
Середнє по досліду	*87,18*	*46,2*

Тривалість вегетаційного періоду рослин на варіантах із внесенням мінеральних добрив дозами $N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ та $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ була довшою на 5–8 діб порівняно з посівами варіантів, що вегетували без внесення добрив, та на 3–6 діб довшою у варіантах 2–3, де фон живлення був меншим: $N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ і $N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$. Отже, внесення високих доз мінеральних добрив сприяло подовженню вегетаційного періоду конопель в середньому на 3–6 діб.

Слід зауважити, що у розвитку рослин конопель міжфазний період від початку цвітіння до біологічної стиглості триває найдовше порівняно з іншими періодами. Так, у середньому за три роки досліджень його тривалість становила більше 50 % від загального вегетаційного періоду (рис. 7.2).

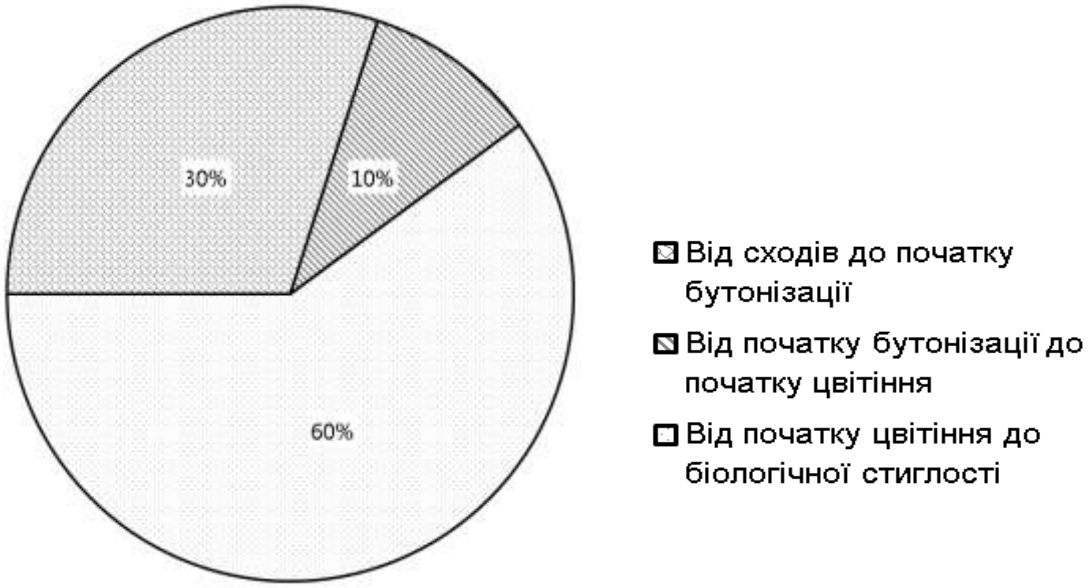


Рис. 7.2. Тривалість міжфазних періодів розвитку рослин конопель у широкорядних посівах, сорт Гляна, діб (середнє за 2009–2011 рр.)

Використання норми висіву 0,125 млн шт./га забезпечувало формування кінцевої густоти посіву на рівні 90–110 шт/м^2. Випадання рослин до збирання становило 8–16%. За норми висіву 0,250 млн шт/га була відмічена максимальна кількість у середньому за трьома роками досліджень густоти стеблостою – 131–140 шт/м^2 і випадання рослин, яке було на рівні 15–18 %. Підвищення норм висіву до 0,50 млн шт/га знижувало збереженість рослин у посівах. Подібна, однак більш чітко виражена ситуація простежувалася на ділянках із різними дозами мінеральних добрив. Рівень виживання ювенільних рослин та частково рослин у фазах бутонізації і цвітіння збільшувався на ділянках із вищим рівнем мінерального живлення.

На основі фактичних показників передзбиральної густоти посіву та норм висіву було розраховано регресійні моделі формування кінцевої густоти посіву залежно від дози мінеральних добрив (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Моделі формування передзбиральної (кінцевої) густоти посіву залежно від дози добрив (2009–2011 рр.)

Варіант досліду	Регресійна модель	R^2
$N_{15}P_{15}K_{15}$ (Контроль)	Y = 0,8807 x - 0,0108	R² = 0,869
$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	Y = 0,8921 x + 0,0014	R² = 0,895
$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	Y = 0,9122x - 0,0251	R² = 0,917
$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	Y = 0,9321 x - 0,0103	R² = 0,929
$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	Y = 0,9289 x + 0,0001	R² = 0,919

Примітки:

1. **Y** – передзбиральна густота посіву, тис шт/га.
2. **X** – норма висіву насіння, тис шт/га

Збільшення значень вільного члена рівнянь у варіантах із вищими дозами добрив свідчить про вищу стабільність моделей та зменшення впливу неконтрольованих факторів. Особливо це простежується у 3 та 4 варіантах.

Для практичного використання моделей були визначені поправкові коефіцієнти, які становили 1,2 на ділянках контролю з використанням мінімальної (припосівної) дози внесення добрив. Зі зміною схеми та за покрокового збільшення дози добрива відбувалось зменшення різниці між нормою висіву та кінцевою густотою. Значення коефіцієнта за цих умов склали: 1,10; 1,09; 1,06 та 1,06 на варіантах $N_{30}P_{15}K_{15}+N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{45}P_{30}K_{30}+N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{75}P_{45}K_{45}+N_{15}P_{15}K_{15}$ та $N_{105}P_{75}K_{75}+N_{15}P_{15}K_{15}$.

7.2. Вплив норми висіву насіння та норми добрив на продуктивність рослин конопель

Результати досліджень вивчення впливу норм висіву і різних доз внесення мінеральних добрив на процеси росту і розвитку рослин конопель показали, що збільшення дози внесення мінеральних добрив позитивно впливало на рослини культури і підвищувало рівень продуктивності рослин та урожайності насіння як основної продукції (рис. 7.3).

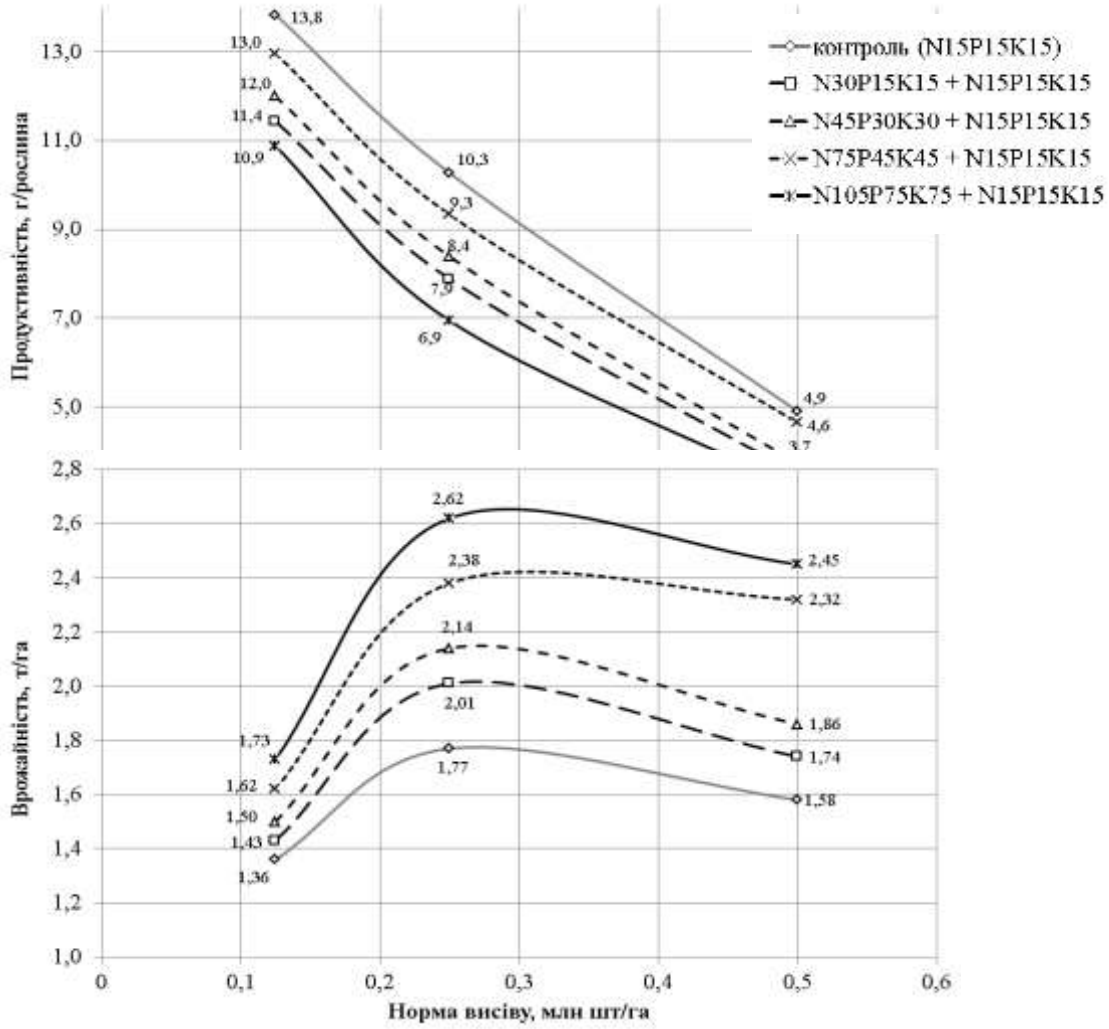


Рис.7.3. Вплив умов вирощування на продуктивність рослин та урожайність посіву (2009–2011 рр.)

Графіки наглядно ілюструють особливості реалізації генеративного потенціалу сучасної культури конопель на рівні окремих рослин та посіву.

Збільшення площі живлення, що виникає внаслідок зменшення норми висіву із 0,50 до 0,25 та 0,125 млн шт/га супроводжувалося пропорційним зростанням продуктивності рослин лише на ділянках із нормою висіву 0,25 млн шт/га. Як наслідок, ділянки, висіяні з нормою 0,125 млн шт/га, мали суттєво меншу урожайність насіння незалежно від дози мінеральних добрив.

На наш погляд, це свідчить про низький рівень адаптованості сучасних сортів конопель до технологій отримання товарного насіння. У подальшому реалізація цього напряму має забезпечуватися сортами, здатними до інтенсивного галуження стебла та домінуванням в урожаї плодів сформованих на гілках 1 та 2 порядку. Низьким для «зернової» культури залишається діапазон продуктивності рослин на градієнті збільшення доз мінеральних добрив. У середньому за три роки продуктивність рослин на ділянках із мінімальною дозою добрив ($N_{15}P_{15}K_{15}$) становила 6,9 г/рослину, тоді як на варіанті з максимальним внесенням (сумарно 300 кг д.р./га) урожайність зросла лише до 10,2 г/рослину

У табл. 7.3 наведені дані щодо урожайності насіння як основного виду продукції та показники урожайності соломи. Мінімальні показники було відмічено на ділянках контролю за використання мінімальної норми висіву в усі роки досліджень.

Найбільш сприятливим роком щодо урожайності насіння конопель був 2011 р. Найвища врожайність насіння в цьому році була зафіксована на рівні 3,5 т/га за норми висіву 0,25 млн шт/га на варіанті з внесенням добрив $N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$ (додаток Б).

Урожайність посівів конопель залежала від густоти стеблостою рослин культури, які збереглися до початку проведення збирання урожаю, яке залежало від норм висіву насіння та умов мінерального живлення рослин у процесі їх вегетації. Кількість рослин культури, які випали у процесі вегетації, зменшувалася зі збільшенням дози мінеральних добрив.

Таблиця 7.3

Урожайність конопель посівних залежно від норми висіву й удобрення, середнє за 2009–2011 рр.

Варіанти досліду		Урожайність, т/га							
		насіння		соломи		середнє для варіанта			
A	B					насіння		соломи	
норма висіву насіння, млн шт/га	доза добрив, д.р., кг/га	т/га	± до контролю	т/га	± до контролю	A	B	A	B
0,125	$N_{15}P_{15}K_{15\,(K)}$	1,36		5,23		1,53	1,57	6,18	5,22
	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	1,43	+ 0,07	5,71	+ 0,47		1,73		5,78
	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	1,5	+ 0,14	6,26	+ 1,03		1,83		6,44
	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	1,62	+ 0,25	6,52	+ 1,3		2,11		7,01
	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	1,73	+ 0,36	7,16	+ 1,93		2,27		7,58
0,25	$N_{15}P_{15}K_{15\,(K)}$	1,77		5,06		2,18		6,20	
	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	2,01	+ 0,22	5,6	+ 0,53				
	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	2,14	+ 0,36	6,19	+ 1,13				
	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	2,38	+ 0,6	6,81	+ 1,74				
	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	2,62	+ 0,84	7,33	+ 2,26				
0,50	$N_{15}P_{15}K_{15\,(K)}$	1,58		5,37		1,99		6,84	
	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	1,74	+ 0,16	6,02	+ 0,64				
	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	1,86	+ 0,28	6,87	+ 1,5				
	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	2,32	+ 0,74	7,69	+ 2,31				
	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	2,45	+ 0,9	8,25	+ 2,88				
$НІР_{0,05}$ AB			0,082		0,124				

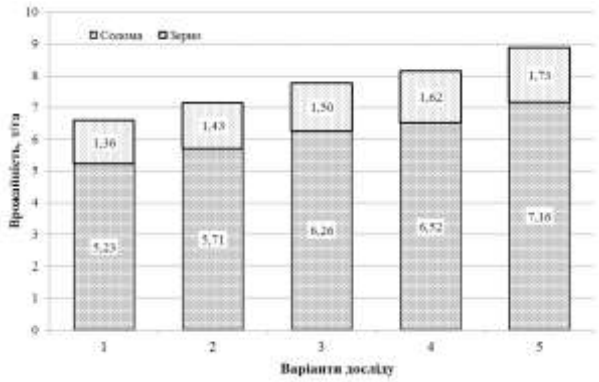
Середня урожайність насіння для варіантів із нормою висіву 0,125; 0,25 та 0,50 млн шт/га становила 1,53; 2,18 та 1,99 т/га. У розрізі варіантів із різними дозами добрив урожайність становила 1,57 т/га на контролі; 1,7 т/га на варіанті $N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$; 1,83; 2,11 та 2,27 т/га на варіантах із внесенням $N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$ та $N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$ кг д. р. /га. Найвища у досліді прибавка урожайності порівняно з варіантом контролю становила +0,9 т/га на варіантах із максимальною нормою висіву та дозою добрив. Близький показник, а саме +0,84 т/га, було відмічено на ділянці з нормою висіву 0,250 млн/га (за внесення аналогічної дози добрив).

Зміна напрямів використання урожаю, а саме орієнтація посівів на отримання насіння як основного виду продукції, не зменшує зацікавленості виробників у отриманні високих урожаїв соломи. У звязку зі зміною напрямів використання соломи (переважно як сировина для виробництва целюлози) вимоги до її якості у зріджених широкорядних посівах суттєво знижені.

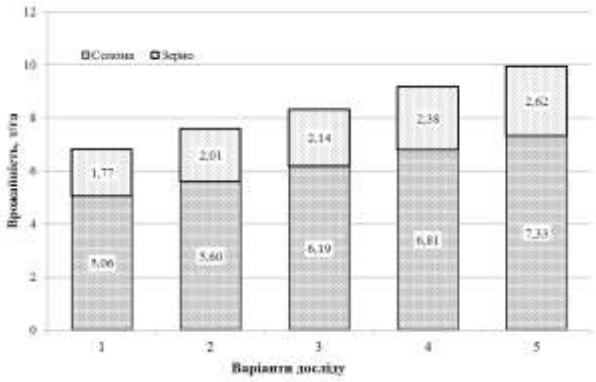
Кращі результати за показниками урожаю соломи конопель посівних у середньому за трьома роками досліджень отримали за використання максимальної дози мінеральних добрив - $N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$ із нормою висіву насіння 0,5 млн шт/га – 8,25 т/га. Цей самий варіант забезпечував максимальний порівняно з контролем рівень прибавки врожайності – 2,88 т/га.

Інформативною у розумінні технологічних та селекційних завдань з виокремлення насіннєвого напряму культури є динаміка зміни показника частки врожаю насіння (у загальній масі надземної частини рослин) залежно від норми висіву та дози мінеральних добрив (рис. 7.4).

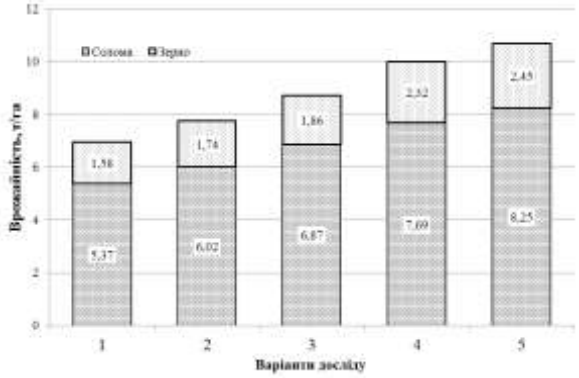
Мінімальну частку насіння 19,9 % формували ділянки з нормою висіву 0,125 млн шт/га. Дещо вищим (22,5 %) було середнє значення показника за використання норми висіву 0,5 млн шт/га. Найвищі показники більше 26 % демонстрували ділянки з нормою висіву 0,25 млн шт/га. Мінливість показника у розрізі фактора норми добрив (незалежно від норми висіву) була мінімальною



Норма висіву – 0,125 млн шт/га. Частка насіння –19,9 %



Норма висіву –0,250 млн шт/га.Частка насіння –26,1 %



Норма висіву –0,5 млн шт/га.Частка насіння – 22,5 %

Варіант 1 – $N_{15}P_{15}K_{15}$ (К)

Варіант 2 – $N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$

Варіант 3 – $N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$

Варіант 4 – $N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$

Варіант 5 – $N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$

Рис. 7.4. Структура врожайності насіннєвих посівів конопель залежно від норми висіву та дози мінеральних добрив (2009–2011 рр.)

На рис. 7.5 показані результати дисперсійного аналізу з виокремленням впливу окремих факторів на зміну врожайності насіння.

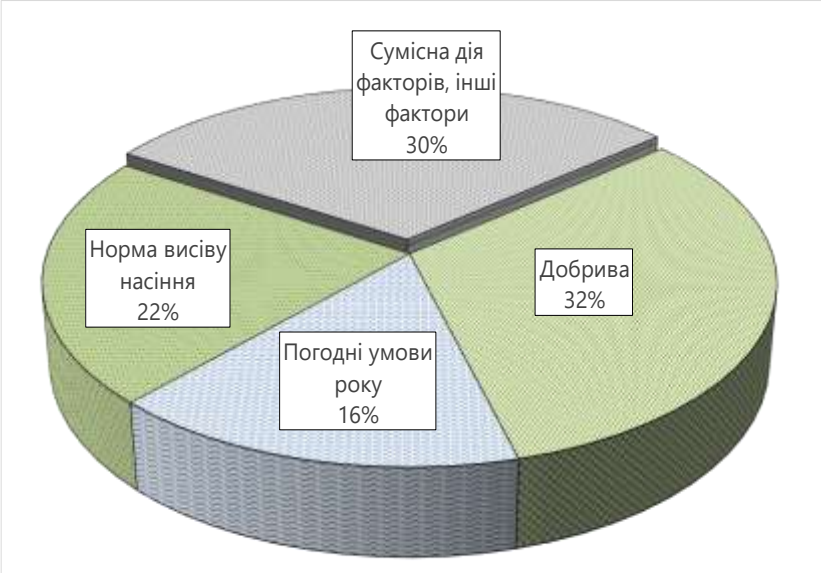


Рис. 7.5. Частки впливу факторів на прибавку врожайності конопель посівних сорту Гляна

Отже, частка впливу досліджуваних факторів на прибавку врожайності насіння конопель становила: добрива – 32 %, норми висіву насіння – 22 %, погодні умови – 16 %. Високою, на рівні 30 %, була частка сумісної дії факторів та дії фактора умов року.

7.3. Вплив норми висіву насіння та норми добрив на біометричні показники рослин конопель

Технологічна диференціація культури конопель із виокремленням певних напрямів вимагає її подальшого селекційного розширення за рахунок сортів із різними схемами формування урожаю. Багатовікові селекційні напрацювання з контролю вегетативної сфери рослин, а саме розвитку та структури стебла, блокування процесів галуження тощо, потенційно передбачають можливість створення сортів, орієнтованих на забезпечення екологічною сировиною машинобудівної та целюлозної промисловості. Первинним етапом цього процесу є формування культури, призначеної для отримання товарного насіння як основної продукції та соломи як побічної. Наразі це вимагає вивчення мінливості параметрів розвитку стебла рослин у зріджених, широкорядних посівах залежно від параметрів технології вирощування.

За результатами проведених польових досліджень і подальших аналізів біоморфологічних характеристик рослин конопель сорту Гляна в середньому за роками та залежно від варіанта досліду, амплітуда мінливості загальної довжини коливалась в межах від 200 см (рослини культури з посівів на контролі з нормою висіву насіння 0,5 млн шт/га) до 248 см (рослини з посівів на варіанті 5 з нормою висіву 0,125 млн шт/га), технічна довжина стебел – від 110 (на ділянках контролю з нормою висіву насіння 0,125 млн шт/га) до 155,0 см рослини конопель з посівів варіанта 5 з нормою висіву насіння 0,5 млн шт/га), діаметр – від 7,6 (на посівах ділянок контролю з нормою висіву насіння 0,5 млн шт/га) до 11,9 мм (рослини з посівів варіанта 5 з нормою висіву насіння 0,125 млн шт/га) (табл. 7.4).

Таблиця 7.4

Біометричні показники конопель залежно від норми висіву насіння та норми добрив, середнє за 2009–2011 рр.

Варіанти	Довжина стебла, см		Діаметр, мм	Маса 1000 насінин, г
	загальна	технічна		
0,125 млн шт/га				
контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	212,83±4,1	109,5±8,2	9,80±0,7	17,77±2,6
$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	232,83±7,3	116,6±4,0	10,57±1,1	17,93±1,1
$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	238,13±5,5	119,1±8,9	11,07±3,7	18,17±3,1
$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	244,07±9,1	121,6±5,4	11,60±4,2	18,30±0,1
$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	248,37±7,7	125,3±6,1	11,93±0,3	18,53±2,1
$X \pm Sx$	244,4±8,02	116,5±3,78	11,8±2,61	17,9±1,45
V,%	5,2	5,4	6,9	1,8
0,25 млн шт/га				
контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	205,83±9,2	123,77±5,1	8,40±0,3	17,77±1,1
$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	215,63±6,4	127,1±7,2	8,90±1,3	17,83±3,3
$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	222,27±8,0	130,03±6,4	9,13±3,7	17,93±2,1
$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	222,70±7,2	132,5±9,0	9,33±0,1	18,17±1,0
$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	240,00±9,9	142,33±6,1	9,67±0,8	18,33±0,1
$X \pm Sx$	224,8±9,02	127,3±7,84	9,4±0,91	17,9±1,01
V,%	7,6	8,8	3,5	0,9
0,5 млн шт/га				
контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	200,70±5,2	134,50±8,4	7,57±1,8	16,73±1,1
$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	204,50±9,2	136,63±6,2	7,73±0,8	17,07±0,9
$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	209,87±2,9	139,47±9,9	8,10±2,5	17,17±2,3
$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	214,63±3,0	140,8±7,2	8,13±2,1	17,50±1,0
$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	215,27±2,6	155,03±9,8	8,47±1,3	17,80±0,5
$X \pm Sx$	208,90±4,0	141,3±9,61	7,9±1,12	17,3±1,1
V,%	3,17	9,50	2,63	2,30

Аналізуючи отримані результати досліджень, можна відмітити тенденцію, що загальна довжина стебла у рослин конопель посівних сорту

Гляна збільшувалась на посівах, які отримували вищі норми мінеральних добрив на всіх варіантах дослідів .

Залежно від величини норм висіву насіння культури загальна довжина стебла у рослин на посівах зростала із зменшенням норми висіву (рис. 7.6). Такі зміни можна пояснити більш оптимальними світловими енергетичними режимами у процесі вегетації і можливостями рослин здійснювати процеси фотосинтезу в умовах меншої конкуренції за дефіцитні фактори середовища.

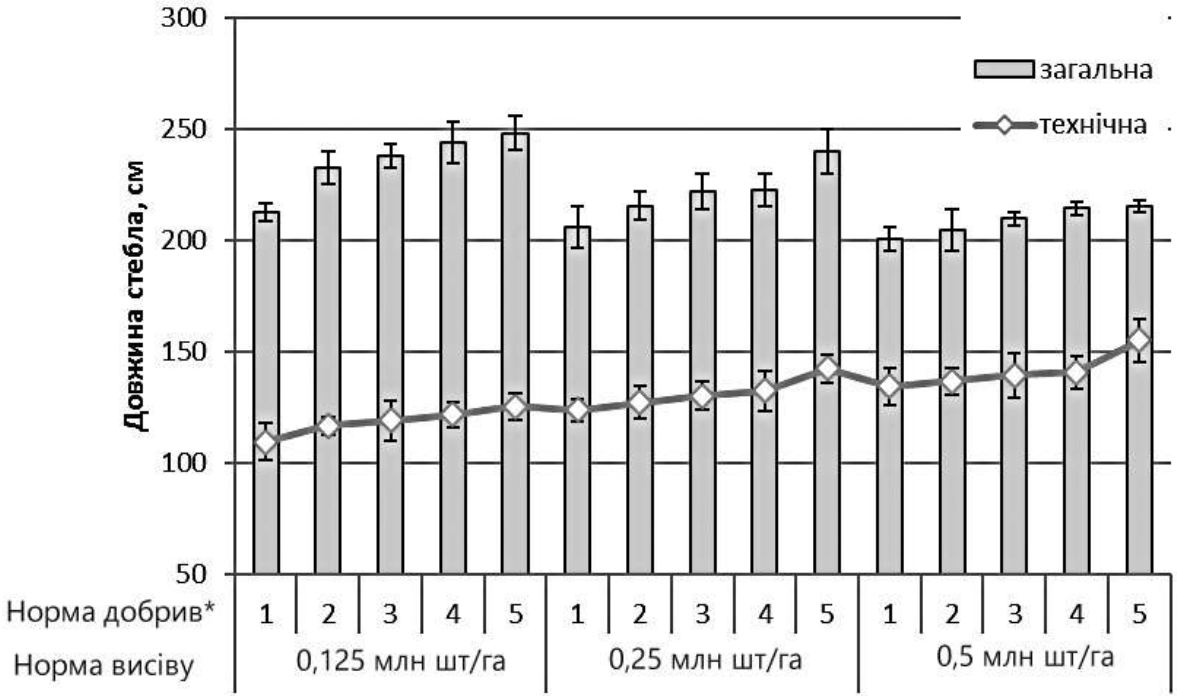


Рис. 7.6. Формування довжини стебла рослин конопель за різних умов вирощування (2009–2011 рр.) *В1 – контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$); 2 – $N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$; 3 – $N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$; 4 –- $N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$; 5 – $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$

Технічна довжина стебла у рослин культури також збільшувалась у посівах з підвищенням норми внесення мінеральних добрив на ділянках варіантів, проте залежно від норм висіву насіння конопель вона зростала від 0,125 до 0,5 млн шт/га. Така тенденція змін свідчить про те, що зі скороченням технічної довжини стебла рослин культури збільшувалося суцвіття і відповідно

підвищувалась урожайність насіння конопель посівних, що і підтверджують результати досліджень.

Діаметр стебла рослин конопель посівних сорту Гляна і маса 1000 насінин збільшувались за умов підвищення норми внесення мінеральних добрив і зменшення норми висіву насіння культури.

Такі показники суттєво різнились за роками проведення польових досліджень. Так, у період 2009 року погодні умови, особливо на початку вегетації рослин конопель посівних, були дуже складними для їх успішного росту й розвитку, а висока температура і дефіцит вологи упродовж вегетаційного періоду 2010 року негативно вплинули на повноту реалізації продуктивного потенціалу рослин конопель посівних. Тому параметри кількісних ознак рослин культури, які були передбачені в дослідженнях, були меншими порівняно з отриманими показниками у рослин конопель посівних, що мали вегетацію за більш сприятливих метеорологічних умов 2011 року.

Значення діаметра стебла у рослин конопель є суперечливою ознакою для визначення продуктивності рослин. З потовщенням стебла (підвищення його діаметра) підвищувалась гіллястість, що забезпечувало більший вихід волокна, однак його якість знижувалась. Незважаючи на такі суперечності, ця ознака залишається важливою морфологічною ознакою в життєдіяльності рослини конопель.

Оцінка такої ознаки продуктивності рослин культури, як маса 1000 насінин, була найбільш стабільною і найменше залежала від особливостей погодних умов упродовж вегетаційного періоду року.

Отже, умови мінерального живлення рослин культури і різна густота стояння у посівах, яку забезпечували різні норми висіву насіння, по-різному впливали на біометричні показники рослин конопель.

Висновки до розділу

- Рослини конопель посівних позитивно реагували на підвищення рівня їх мінерального живлення. На фоні застосування $N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ мінеральних добрив (посіви на ділянках варіанта 5) період активного фотосинтезу був тривалішим на 7–9 діб у роки досліджень порівняно з рослинами культури на ділянках контролю без застосування мінеральних добрив.

- Розраховано значення поправкового коефіцієнту для сівби широкорядних посівів на розрахункову передзбиральну густоту. Максимальне значення коефіцієнта 1,2 мають посіви з мінімальною нормою добрив – $N_{15}P_{15}K_{15}$. Зі збільшенням норми мінеральних добрив значення коефіцієнта зменшується. Посіви з нормою добрив $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ мають мінімальне значення поправкового коефіцієнта – 1,07.

- Встановлено, що в умовах широкорядних посівів зменшення норми висіву насіння менше 0,25 млн шт/га не компенсується суттєвим зростанням індивідуальної насіннєвої продуктивності рослин. Діапазон продуктивності рослин за такої норми висіву при внесенні різних норм мінеральних добрив складає від 6,9 до 10,2 г/рослину.

- Максимальна урожайність посівів конопель для отримання товарного насіння – 2,18 т/га забезпечується використанням норми висіву 0,25 млн шт/га. За цих умов урожайність соломи, як побічної продукції, складає 6,2 т/га. Покрокове збільшення норм мінеральних добрив із $N_{15}P_{15}K_{15}$ до $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ супроводжується зростанням урожайності насіння із 1,57 до 2,27 т/га, соломи – 5,22 до 7,58 т/га.

- Максимальна частка урожаю насіння як основної продукції 26,1 % від загальної фітомаси забезпечується використанням норми висіву 0,25 млн шт/га. Зниження норми висіву до 0,125 млн шт/га або збільшення до 0,5 млн шт/га супроводжується зменшенням частки основного урожаю до 19,9 та 22,5 % відповідно.

Список використаних джерел

1. Leizer C., Ribnicky D., Poulev A. et al. The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*. 2000. Vol. 2, Iss. 4. P. 35–53.

2. Мигаль М. Д. Біологія формування насіннєвої продуктивності конопель : монографія. Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2015. 233 с.

3. Кабанець В. М. Формування параметрів посівів рослин конопель сорту Гляна залежно від технологічних заходів. *Вісник Уманського національного університету садівництва* : науково-виробничий журнал. 2017. № 2. С. 36–40.

4. Кабанець В. М. Мінливість біометричних показників рослин конопель сорту Гляна за умов вирощування. *Таврійський науковий вісник* : науково-практичний журнал. 2018. № 99. С. 52–60.

5. Фізіологія рослин: досягнення та нові напрямки розвитку / за ред. акад. В. В. Моргуна. К. : Логос, 2017. 671 с.

6. Кабанець В. М. Вплив добрив і норм висіву насіння на продуктивність рослин конопель сорту Гляна. *Агропромислове виробництво Полісся* : збірник наукових праць. 2017. № 10. С. 42–45.

7. Мигаль М. Д. Біологія луб'яних волокон конопель. Суми : ТОВ ТД «Папірус», 2011. 390 с.

8. Агроекономічні та екологічні аспекти встановлення оптимального рівня врожайності нових сортів сільськогосподарських рослин / за ред. О. В. Харченка. Суми : ФОП Щербина І. В., 2017. 154 с.

9. Зеленин И. Н. Эффективность систем удобрений в севооборотах разной интенсификации. *Вопросы интенсификации сельскохозяйственного производства в исследованиях ПензНИИСХ* : сб. науч. тр. Пенза, 1999. С. 66–73.

10. Деякі аспекти селекції на підвищення якості волокна конопель (*Cannabis sativa* L.) / В. Г. Вировець, І. І. Щербань, М. П. Мигун, І. М. Лайко. *Селекція і насінництво.* К. : Урожай, 1993. Вип.74. С. 8–11.

11. Berenji J. Istine i zablude o konoplji. *Zb. Rad. Nauc. Inst. Ratarstvo Povrtarstvo*. Novi Sad. 1998. Sv. 30. S. 271–281.

12. ДСТУ 7695:2015 Насіння конопель. Технічні умови.

13. ДСТУ 8422:2015 Треста конопляна. Технічні умови.

14. ДСТУ 8423:2015 Солома конопляна. Технічні умови.

Публікації здобувача, використані при написанні розділу

1. .Коноплі : монографія / за ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. 384 с.

2. Агроекономічні та екологічні аспекти встановлення оптимального рівня врожайності нових сортів сільськогосподарських рослин /за ред. О. В. Харченка. Суми : ФОП Щербина І. В., 2017. 154 с.

3. Кабанець В. М., Ситник В. П., Стребуль В. В. Насіннєва продуктивність конопель. *Насінництво*. 2009. № 4. С. 23–26.

4. Кабанець В. М., Мигаль М. Д., Конопля К. В. Вплив внутрішніх факторів рослин конопель на насіннєву продуктивність. *Збірник наукових праць Інституту луб'яних культур та ФФС НААН*. Вип. 1(6). Суми : ТД «Папірус», 2011. С. 21–40.

5. Кабанець В. М., Вировець В. Г., Лайко І. М. Досягнення і перспективи селекції конопель на підвищення насіннєвої продуктивності. Збірник наукових праць. Вип. 2 (7). Луб'яні та технічні культури. Суми : ВБ «Еллада». 2012. С. 13–27.

6. Кабанець В. М. Вплив добрив і норм висіву насіння на продуктивність рослин конопель сорту Гляна. *Агропромислове виробництво Полісся* : збірник наукових праць. 2017. № 10. С. 42–45.

7. Кабанець В. М. Формування параметрів посівів рослин конопель сорту Гляна залежно від технологічних заходів. *Вісник Уманського національного університету садівництва* : науково-виробничий журнал. 2017. № 2. С. 36–40.

8. Кабанець В. М. Мінливість біометричних показників рослин конопель сорту Гляна за умов вирощування *Таврійський науковий вісник* : науково-практичний журнал. 2018. № 99. С. 52–60.

45. Кабанець В. М. Сучасний стан та напрямки використання промислових конопель. *«Гончарівські читання»*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 84-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича (м. Суми, 28 травня 2013 р.). м. Суми, 2013. С. 124–126.

9. Кабанець В. М., Кабанець В. В. Сучасні сорти конопель посівних для різних напрямків використання. *Гончарівські читання* : матеріали Міжнар. наук.-практ., 26–27 травня 2016 р. Суми : Сумський НАУ, 2016. С. 42–43.

10. Особливості вирощування конопель посівних на зерно в умовах північно–східного Лісостепу України (методичні рекомендації) / [В. М. Кабанець, В. В. Кабанець]. – Сад, 2018. – 32 с.

РОЗДІЛ 8

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КОНОПЕЛЬ РІЗНИХ НАПРЯМІВ ВИКОРИСТАННЯ

Коноплі – луб'яна культура. Волокно й олія конопель з давніх-давен були важливою складовою добробуту населення. Потреба в продукції коноплярства актуальна і й нині. Гігієнічне природне волокно конопель за своїми властивостями переважає синтетичне волокно в багатьох галузях народного господарства. Особливим попитом на міжнародному ринку користується насіння конопель як продовольчий товар [1, 2].

Сфера використання конопель постійно розширюється, розробляються нові технології, які дозволяють підвищити ступінь використання усіх складових компонентів рослини, що створює умови коноплям конкурувати з іншими сільськогосподарськими культурами [3].

Загальновідомо, що ключовим елементом успішного розвитку бізнесу є впровадження останніх інноваційних напрямів переробки і одержання затребуваної на споживчому ринку продукції. За останні роки у світі рівень впровадження інновацій в коноплярстві значно зріс, демонструючи нові надзвичайно конкурентоспроможні напрями виробництва коноплепродукції [4, 5, 6]. Яскравими прикладами нового застосування конопель є інтенсивне впровадження біокомпозитів для виготовлення деталей літако- та автобудування, де цей матеріал може займати більше 70% складових частин технічного засобу. Останніми роками все більше уваги приділяється біоенергетичному напрямку використання культури конопель [7, 8]. Застосування конопляних волокон як основ для виготовлення суперконденсаторів може стати ідеальною альтернативою порівняно з дорогими матеріалами, що застосовуються на сучасному етапі виробництва. Також до переліку інноваційних коноплепродуктів можна віднести екопродукти, нові харчові продукти з вмістом конопель (жувальна гумка, напої,

олія для смаження) та зоотовари, що мають високу поживну цінність [9]. І звичайно, на особливу уваги сьогодні заслуговує медичний напрям застосування рослини конопель, який у найближчому майбутньому може бути одним із найприбутковіших сегментів галузі конопляpства [10, 11, 12].

Метою сільгоспвиробника конопель (як і будь-якого іншого виробника продукції) є одержання високої врожайності продукції, яка б забезпечувала достатню рентабельність, давала змогу вести розширене відтворення галузі та конкурувати з іншими культурами. Ефективність коноплесіючих господарств значною мірою визначається адекватними відносинами підприємств у процесі виробництва, переробки та реалізації продукції. Результатами такої роботи можуть стати достатньо високі показники рентабельності [13]. У кінці минулого століття коноплярство ще було високорентабельною галуззю. Займаючи до 15% посівних площ у господарствах, коноплі забезпечували більше половини всіх грошових надходжень від рослинництва. Рентабельність виробництва конопель сягала 140-150%. Багато господарств, перш за все Сумської та Черкаської областей, стабільно одержували з кожного гектара не менш 11–16 ц волокна та 9–12 ц насіння [9, 14]. Ринкові відносини поставили коноплесіючі підприємства у важкі економічні умови. Відсутність інвестиційних ресурсів у коноплярській галузі призвела до припинення процесу відтворення основних виробничих фондів та стала гострою проблемою для конопляpів. Сучасні економічні складники в галузі коноплярства призвели до відмови багатьох господарств від вирощування конопель та до значного зменшення площ посіву. Водночас окреслений період часу характеризується підйомом та більш широким використанням природних волокон, зокрема волокон конопель. Коноплі, за визначенням експертів деяких міжнародних фірм, стають однією з головних культур світу XXI століття, враховуючи їх здатність накопичувати велику біомасу органічної сировини у вигляді стебел (вміст целюлози в яких становить понад 30%), з вмістом волокна у стеблах до 40%, деревини 60% та насіння 1000–1200 кг/га. Зростання попиту на конопляну

сировину у світі пов’язане з розширенням сфери її використання, а саме: для заміни синтетичних матеріалів на основі натурального волокна, виробництва целюлози, будівельних матеріалів, виробів харчової промисловості та багато іншого [15, 16, 17].

На фізіологічні процеси формування врожаю впливає велика кількість факторів як некерованих (температура, опади та ін.), так і керованих людиною (сорт, агротехніка тощо). Відомо, що вища продуктивність культур досягається оптимізацією умов їх росту і розвитку на основних етапах формування елементів урожаю. З урахуванням факторів, які впливають позитивно або негативно на врожай, можна значною мірою нівелювати дію метеорологічних умов і цілеспрямовано використовувати керовані людиною фактори.

Традиційним напрямком використання конопель залишається у сьогоднішніх умовах вирощування конопель на зеленець, яке передбачає отримання високоякісної сировини для подальшої переробки на довге і коротке волокно. У сьогоднішніх умовах даний напрям, зеленцеві посіви, в Україні практично відсутні і вирощуються в обмеженій кількості. Але у країнах з розвиненою економікою і з високим рівнем достатку населення в останні роки суттєво зростає попит на екологічно чисті та натуральні продукти, одними із яких є текстильні матеріали для виготовлення одягу.

Поряд із традиційним напрямком, на початку XXI століття, набуває значного розвитку вирощування конопель на зерно. При цьому товарне насіння особливим попитом користується при виготовленні олії, харчових добавок та ін. Наразі в Україні більша половина посівних площ вирощується саме у цьому напрямку.

Отже, в сучасних умовах поряд із традиційним напрямком використання (на зеленець) все більшу увагу сільськогосподарських товаровиробників привертає вирощування культури на товарне на насіння та двобічне використання.

Таким чином усі три напрямки мають свою нішу на ринку, відрізняються особливостями вирощування, збирання і переробки, а отже і рівнем економічної ефективності.

8.1. Економічне обґрунтування вирощування товарного насіння конопель

В умовах сучасної достатньо жорсткої ринкової економіки слід технологічно грамотно підходити до застосування кожного агроприйому з урахуванням усіх супутніх чинників у часі і наявність їх у режимному забезпеченні. Застосування кожного агроприйому і особливо суттєво важливих (живлення, особливості сівби тощо), вимагає конкретного підходу з метою отримання максимальної економіко-фінансової і господарсько-технологічної ефективності [18]. Враховуючи високу вартість насіннвого матеріалу конопель, актуальним, є вивчення економічної ефективності різних норм висіву насіння на фоні різного мінерального живлення конопель. При цьому, товарне насіння є основною продукцією, стеблова частина рослин – побічною.

Відповідні дослідження були проведені із сортом конопель посівних Гляна протягом 2009-2011 років в умовах науково-експериментальної бази Інституту луб’яних культур НААН.

Економіна ефективність досліджуваних агрозаходів розрахована на основі технологічної карти (додаток Е).

Посів конопель з нормою висіву 0,125 млн схожих насінин на гектар за різних норм внесення мінеральних добрив дозволяв отримати рентабельність 126,0 – 171,8 % (таблиця 8.1).

Відповідно до отриманих показників, можна чітко відмітити, що норми внесення мінеральних добрив суттєво впливали на врожайність конопель посівних сорту Гляна, але економічна ефективність кожного варіанту удобрення зростала не прямо пропорційно до підвищення виробничих показників.

Таблиця 8.1

Економічна ефективність вирощування конопель сорту Гляна при різних нормах мінеральних добрив та висіву насіння 0,125 млн шт/га (середнє за 2009-2011 рр.)

Показник	($N_{15}P_{15}K_{15}$) контроль	$N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$
Урожайність насіння, т/га	1,36	1,43	1,50	1,62	1,73
(+/-) до контролю, т/га		0,07	0,14	0,25	0,36
Ціна реалізації насіння, грн/т	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0
Вартість насіння, грн/га	35438,0	37258,0	39078,0	42042,0	44902,0
(+/-) до контролю, грн/га		1820,0	3640,0	6604,0	9464,0
Урожайність солома, т/га	5,23	5,71	6,26	6,52	7,16
(+/-) до контролю, т/га		0,49	1,03	1,30	1,93
Ціна реалізації соломи, грн/т	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0
Вартість соломи, грн/га	7840,5	8569,5	9390,0	9784,5	10740,0
(+/-) до контролю, грн/га		729,0	1549,5	1944,0	2899,5
Вартість продукції з 1 га - всього, грн	43278,5	45827,5	48468,0	51826,5	55642,0
(+/-) до контролю, грн/га		2549,0	5189,5	8548,0	12363,5
Виробничі витрати на 1 га, грн.	15920,2	17941,3	19613,1	21559,3	24622,3
Із них витрати на: а) придбання добрив для: - основного внесення, грн/га		1300,0	2982,5	4282,5	8565,0
- припосівного внесення, грн/га	1300,0	1300,0	1300,0	1300,0	1300,0
- підживлення, грн/га		382,5	382,5	765,0	765,0
б) придбання насіння, грн/га	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0
в) збирання продукції:	4286,2	4624,8	4996,6	5260,3	5723,4
- насіння, грн/га	1440,0	1514,0	1587,9	1708,4	1824,6
- солома, грн/га	2846,2	3110,9	3408,7	3551,9	3898,8
Виробничі витрати віднесені на насіння, грн/га	13074,0	14830,5	16204,4	18007,4	20723,6
(+/-) до контролю		1756,5	3130,4	4933,4	7649,6
Виробничі витрати віднесені на солому, грн/га	2846,2	3110,8	3408,7	3551,9	3898,8
(+/-) до контролю		264,6	562,5	705,7	1052,6
Собівартість 1 т насіння, грн	9592,1	10349,2	10781,4	11136,3	11999,8
Собівартість 1 т соломи, грн	544,5	544,5	544,5	544,5	544,5
Прибуток - всього, грн/га	27358,3	27886,2	28854,9	30267,2	31019,7
в тому числі від: - насіння, грн/га	22364,0	22427,5	22873,6	24034,6	24178,4
- соломи, грн/га	4994,3	5458,7	5981,3	6232,6	6841,2
Рівень рентабельності, %	171,8	155,4	147,1	140,4	126,0

Найбільшу рентабельність вирощування при нормі висіву 0,125 млн схожих насінин конопель посівних на гектар отримано на контролі ($N_{15}P_{15}K_{15}$) – 171,8 %, що можна пояснити, у першу чергу, високою вартістю мінеральних добрив. Так, виробничі витрати на цьому варіанті були найменшими у досліді і

склали 15920,2 грн/га, що при виручці від реалізації товарного насіння і соломи на рівні 43278,5 грн/га, дозволило отримати прибуток у розмірі 27358,3 грн/га.

При подальшому підвищенні рівня мінерального живлення спостерігається поступове збільшення врожайності товарного насіння та соломи, але не прямо пропорційно до рівня витрат, що відображається на поступовому зниженні рівня рентабельності виробництва.

Так, мінеральне живлення $N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ порівняно до контролю забезпечує приріст врожайності насіння на 0,07 т/га, соломи – 0,49 т/га, що у цілому по варіанту досліду дозволяє отримати прибутковість до 27886,2 грн/га, але рентабельність вирощування дещо знизилась і склала 155,4 %.

Застосування мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ сприяло підвищенню рівня врожайності, як насіння так і соломи, але не у значній мірі – до 1,5 т/га та 6,26 т/га, відповідно. При цьому, виручка від реалізації продукції збільшилась до 48468,0 грн/га, витрати до 19613,1 грн/га, а прибуток склав 28854,9 грн/га, що дозволило отримати рентабельність вирощування – 147,1 %.

При мінеральному живленні $N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ отримано врожайність товарного зерна 1,62 т/га, соломи 6,52 т/га, що на 0,25 та 1,3 т/га відповідно більше за показники на контрольному варіанті. Дохідність й прибутковість культивування також дещо підвищилась поряд із суттєвим збільшенням рівня витрат, що призвело у цілому до зниження рентабельності до 140,4 %.

Необхідно відмітити, що подальше підвищення виробничих витрат, у першу чергу на збільшення норми мінеральних добрив до $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ практично не виправдовують себе, хоча й дають змогу отримати найвищий рівень урожайності за норми висіву 0,125 млн шт/га – 1,73 т/га. Як показують розрахунки, рівень рентабельності виробництва у цьому випадку є найнижчим у порівнянні із усіма попередніми варіантами і складає 126,0 %.

Таким чином збільшення норми внесення мінеральних добрив при густоті посіву 0,125 млн шт /га сприяє підвищенню врожайності, але є економічно не доцільним при вирощуванні конопель посівних зернового напряму.

Найвищий рівень рентабельності у досліді (205,4 – 225,6 %) отримано при посіві конопель у нормі висіву 0,25 млн схожих насінин на гектар, що дозволяла максимально реалізували генетичний потенціал продуктивності культури по насінню, позитивно реагуючи на збільшення норми внесення мінеральних добрив. (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2

Економічна ефективність вирощування конопель сорту Гляна при різних нормах мінеральних добрив та висіву насіння 0,25 млн шт/га (середнє за 2009-2011 рр.)

Показник	($N_{15}P_{15}K_{15}$) контроль	$N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$
Урожайність насіння, т/га	1,77	2,01	2,14	2,38	2,62
(+/-) до контролю, т/га		0,23	0,36	0,60	0,84
Ціна реалізації насіння, грн/т	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0
Вартість насіння, грн/га	46098,0	52182,0	55562,0	61802,0	68042,0
(+/-) до контролю, грн/га		6084,0	9464,0	15704,0	21944,0
Урожайність солома, т/га	5,06	5,60	6,19	6,81	7,33
(+/-) до контролю, т/га		0,53	1,13	1,74	2,26
Ціна реалізації соломи, грн/т	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0
Вартість соломи, грн/га	7594,5	8395,5	9289,5	10210,5	10990,5
(+/-) до контролю, грн/га		801,0	1695,0	2616,0	3396,0
Вартість продукції з 1 га - всього, грн	53692,5	60577,5	64851,5	72012,5	79032,5
(+/-) до контролю, грн/га		6885,0	11159,0	18320,0	25340,0
Виробничі витрати на 1 га, грн.	16489,1	18709,6	20471,5	22741,8	25878,6
Із них витрати на: а) придбання добрив для: - основного внесення, грн/га		1300,0	2982,5	4282,5	8565,0
- припосівного внесення, грн/га	1300,0	1300,0	1300,0	1300,0	1300,0
- підживлення, грн/га		382,5	382,5	765,0	765,0
б) придбання насіння, грн/га	450,0	450,0	450,0	450,0	450,0
в) збирання продукції:	4630,1	5168,1	5630,0	6217,9	6754,6
- насіння, грн/га	1873,2	2120,4	2257,7	2511,3	2764,9
- солома, грн/га	2756,9	3047,7	3372,2	3706,6	3989,7
Виробничі витрати віднесені на насіння, грн/га	13732,2	15661,9	17099,2	19035,3	21888,9
(+/-) до контролю		1929,7	3367,1	5303,1	8156,7
Виробничі витрати віднесені на солому, грн/га	2756,9	3047,7	3372,2	3706,5	3989,7
(+/-) до контролю		290,8	615,3	949,6	1232,8
Собівартість 1 т насіння, грн	7745,2	7803,6	8001,5	8008,1	8364,1
Собівартість 1 т соломи, грн	544,5	544,5	544,5	544,5	544,5
Прибуток - всього, грн/га	37203,4	41867,9	44380,0	49270,7	53153,9
в тому числі від: - насіння, грн/га	32365,8	36520,1	38462,8	42766,7	46153,1
- соломи, грн/га	4837,6	5347,8	5917,3	6504,0	7000,8
Рівень рентабельності, %	225,6	223,8	216,8	216,7	205,4

Найбільшу ж рентабельність вирощування при нормі висіву 0,25 млн схожих насінин конопель посівних на гектар, як і при удвічі меншій, отримано на контрольному варіанті ($N_{15}P_{15}K_{15}$) – 225,6 %, що у першу чергу пов'язано з високою вартістю мінеральних добрив. Урожайність товарного насіння склала 1,77 т/га, а соломи – 5,06 т/га. Виробничі витрати становили 16489,1 грн./га, що при вартості продукції у розмірі 53692,5 грн/га, дозволило отримати прибуток 37203,4 грн/га.

Практично аналогічний показник рентабельності – 223,8 % отримано при збільшенні мінерального живлення до $N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15.}$ Така кількість поживних елементів дозволила підвищити врожайність товарного насіння до 2,01 т/га, соломи до 5,6 т/га, що на 0,23 та 0,53 т/га, відповідно, більше ніж на контролі, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованих елементів технології.

Подальше збільшення норми застосування мінеральних добрив сприяло поступовому підвищенню урожайності насіння й соломи, але їх окупність поступово знижувалась хоча й залишалась на високому рівні.

Так, при внесенні $N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ урожайність товарного насіння склала 2,14 т/га, а соломи 6,19 т/га, що на 0,36 та 1,13 т/га вище ніж на контролі, але рівень рентабельності, при цьому, дещо знизився і склав 216,8 %.

Високу економічну вигоду при нормі висіву насіння 0,25 млн шт/га, забезпечує мінеральний фон $N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$. Таким чином, урожайність товарного насіння й соломи збільшилась порівнюючи до контролю на 0,6 і 1,74 т/га та склала 2,38 і 6,81 т/га, відповідно. Виручка від реалізованої продукції зросла на 1 га до 72012,5 грн при підвищенні виробничих витрат до 22741,8 грн, що дозволило отримати прибуток на рівні 49270,7 грн, рентабельність – 216,7 %.

Рівень мінерального живлення рослин $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ при нормі висіву конопель посівних 0,25 млн шт/га забезпечує найбільший рівень реалізації генетичного потенціалу рослин по насіннєвій продуктивності, яка

склала 2,62 т/га, що на 0,84 т/га більше ніж на контрольному варіанті. Дохідність виробництва отримано також найвищу у досліді (79032,5 грн/га), при високій рентабельності – 205,4 %.

Результати досліджень при підвищенні норми висіву насіння до 0,5 млн схожих насінин на гектар наведені у таблиці 8.3 і свідчать про поступове збільшення частки соломи у структурі врожаю, особливо при збільшенні норми добрив, що враховуючи не високі закупівельні ціни на цей вид продукції, які наразі склалися (1500 грн/т), призводить до зниження рентабельності вирощування конопель посівних у цілому.

Так, на контрольному варіанті ($N_{15}P_{15}K_{15}$) урожайність насіння склала 1,58 т/га, соломи – 5,37 т/га, а вартість виробленої продукції – 49061,5 грн/га.

При витратах на вирощування у розмірі 16900,8 грн/га отримано прибуток на рівні 32160,7 грн. і рентабельність – 190,3 %.

При внесенні добрив з розрахунку $N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечується приріст врожайності насіння й соломи лише на 0,16 та 0,64 т/га, відповідно, що не дає змогу покрити додаткові понесенні витрати і характеризується зниженням рівня рентабельності порівняно з контрольним варіантом на 6,3 % до 184,0 %.

Мінеральне живлення $N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечило урожайність товарного насіння 1,86 т/га, соломи 6,87 т/га, що на 0,28 та 1,50 т/га більше ніж на контролі. У такому варіанті досліду отриманої додаткової суми виручки вистачає лише на покриття додаткових витрат, понесених на вирощування конопель, тому рівень рентабельності дещо знизився і склав 179,1 %, але все одно є високим показником.

Найвищу рентабельність вирощування (204,3 %) при нормі висіву насіння 0,5 млн схожих насінин/га забезпечує мінеральний фон $N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$. Урожайність товарного насіння й соломи збільшилась порівнюючи до контролю на 0,74 і 2,31 т/га та склала 2,32 і 7,69 т/га, відповідно. Вартість реалізованої продукції з 1 га становить 71850,5 грн. за рівня витрат 23610,8 грн.

Таблиця 8.3

Вплив мінеральних добрив при нормі висіву насіння 0,5 млн шт/га на економічну ефективність вирощування конопель посівних сорту Гляна (середнє за 2009-2011 рр.)

Показник	($N_{15}P_{15}K_{15}$) контроль	$N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	$N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$
Урожайність насіння, т/га	1,58	1,74	1,86	2,32	2,45
(+/-) до контролю, т/га		0,16	0,28	0,74	0,87
Ціна реалізації насіння, грн/т	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0
Вартість насіння, грн/га	41002,0	45240,0	48282,0	60320,0	63622,0
(+/-) до контролю, грн/га		4238,0	7280,0	19318,0	22620,0
Урожайність солома, т/га	5,37	6,02	6,87	7,69	8,25
(+/-) до контролю, т/га		0,64	1,50	2,31	2,88
Ціна реалізації соломи, грн/т	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0
Вартість соломи, грн/га	8059,5	9025,5	10305,0	11530,5	12375,0
(+/-) до контролю, грн/га		966,0	966,0	966,0	966,0
Вартість продукції з 1 га - всього, грн	49061,5	54265,5	58587,0	71850,5	75997,0
(+/-) до контролю, грн/га		5204,0	9525,5	22789,0	26935,5
Виробничі витрати на 1 га, грн.	16900,8	19106,2	20994,3	23610,8	26651,5
Із них витрати на: а) придбання добрив для: - основного внесення, грн/га		1300,0	2982,5	4282,5	8565,0
- припосівного внесення, грн/га	1300,0	1300,0	1300,0	1300,0	1300,0
- підживлення, грн/га		382,5	382,5	765,0	765,0
б) придбання насіння, грн/га	900,0	900,0	900,0	900,0	900,0
в) збирання продукції:	4591,8	5114,7	5702,8	6636,8	7077,6
- насіння, грн/га	1666,1	1838,3	1961,9	2451,1	2585,3
- солома, грн/га	2925,7	3276,4	3740,9	4185,7	4492,3
Виробничі витрати віднесені на насіння, грн/га	13975,1	15829,8	17253,4	19425,1	22159,3
(+/-) до контролю		1854,7	3278,3	5450,0	8184,2
Виробничі витрати віднесені на солому, грн/га	2925,7	3276,4	3740,8	4185,7	4492,3
(+/-) до контролю		350,7	815,1	1260,0	1566,6
Собівартість 1 т насіння, грн	8861,8	9097,6	9291,0	8372,9	9055,7
Собівартість 1 т соломи, грн	544,5	544,5	544,5	544,5	544,5
Прибуток - всього, грн/га	32160,7	35159,3	37592,7	48239,7	49345,5
в тому числі від: - насіння, грн/га	27026,9	29410,2	31028,6	40894,9	41462,7
соломи	5133,8	5749,1	6564,2	7344,8	7882,7
Рівень рентабельності, %	190,3	184,0	179,1	204,3	185,2

Подальше збільшення норми добрив до $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечує найвищий рівень врожайності за даної норми висіву, як насіння, так і соломи. При цьому, таке поєднання елементів технології дозволяє отримати до 8,25 т соломи, що є найбільшим показником у досліді. Відмічені також високі показники насіннєвої продуктивності рослин конопель посівних, що складає

2,45 т/га. Так, приріст урожайності насіння й соломи порівняно до контролю склав 0,87 та 2,88 т/га, відповідно. Рентабельність вирощування конопель за такого рівні живлення залишалась на досить високому рівні і склала 185,2 %.

Таким чином, аналізуючи отримані показники економічної ефективності впливу різних рівнів мінерального живлення та норм висіву насіння конопель посівних встановлено, що рівень рентабельності запропонованих заходів у середньому склав 126,0 – 225,6 % (таблиця 8.4).

Таблиця 8.4

Рівень рентабельності вирощування конопель на товарне насіння у залежності від норми висіву та мінеральних добрив, %
(Інститут луб'яних культур НААН, середнє за 2009 – 2011 рр.)

Норма мінеральних добрив, кг д. р. /га	Норма висіву насіння, млн шт/га			Середнє за нормою добрив
	0,125	0,25	0,5	
$N_{15}P_{15}K_{15}$	171,8	225,6	190,3	**195,9**
$N_{30}P_{15}K_{15}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	155,4	223,8	184,0	**187,7**
$N_{45}P_{30}K_{30}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	147,1	216,8	179,1	**181,0**
$N_{75}P_{45}K_{45}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	140,4	216,7	204,3	**187,1**
$N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$	126,0	205,4	185,2	**172,2**
Середнє за нормою висіву	**148,2**	**217,6**	**188,6**	

Найбільш ефективним виявився посів конопель з нормою висіву 0,25 млн схожих насінин/га, а рівень рентабельності вирощування культури у середньому склав 217,6 %. Найвищу рентабельність у досліді (225,6 %) забезпечив варіант із нормою висіву 0,25 млн схожих насінин/га на фоні мінерального живлення $N_{15}P_{15}K_{15}$.

8.2. Економічна ефективність вирощування конопель у монокультурі

Враховуючи логістичну складову технологічного процесу вирощування й переробки соломи конопель посівних найбільш економічно обґрунтованим є розміщення посівів як змога ближче до переробних підприємств. Поряд з цим, на сьогодні, вирощування конопель посівних в Україні залишається ліцензованим видом діяльності і має певні обмеження щодо вибору місця культивування, що також призводить до збільшення концентрації посівів. Таким чином у господарствах із обмеженим земельним банком усе частіше виникає питання можливості беззмінного вирощування конопель посівних і наскільки це є економічно доцільним.

Оцінку економічної ефективності монокультури конопель посівних при вирощуванні на зеленець проводили у 2009-2013 рр. в умовах стаціонарного досліду Інституту луб'яних культур НААН. Економічні показники розраховували на основі складеної технологічної карти по цінах станом на 01.07.2020 року (додаток Е).

Рівень рентабельності монокультури конопель посівних залежно від схеми та норми внесення добрив наведено у таблиці 8.5.

Незважаючи на те, що придбання й застосування мінеральних, і особливо органічних добрив є високовитратним процесом, запропоновані окремі дози їх внесення забезпечували отримання позитивного економічного ефекту поряд із стабільним або позитивним балансом агрохімічних показників у ґрунті.

Проведеними розрахунками встановлено, що урожайність соломи конопель посівних на контрольному варіанті (без внесення добрив) становила 3,3 т/га. При витратах на вирощування у розмірі 19182,0 грн/га та ціні реалізації соломи зеленцю у 4000 грн/т отримуємо збитковість виробництва на 5982,0 грн/га за від'ємного рівня рентабельності 31,2 %. Таким чином вирощування конопель посівних у багаторічній монокультурі без внесення добрив є не припустимим, як з економічної точки зору, так і з агроекологічної.

Таблиця 8.5.

Економічна ефективність монокультури конопель залежно від схеми та норми внесення добрив (Інститут луб'яних культур НААН, середнє за 2009 – 2013 рр).

Варіант	Урожайність соломи, т/га	Виробничі витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Прибуток / збиток, грн/га	Рентабельність, %
Без застосування добрив (контроль)	3,3	19182,0	13200,0	-5982,0	-31,2
$N_{60}P_{45}K_{45}$	5,4	23464,5	21600,0	-1864,5	-7,9
$N_{120}P_{90}K_{90}$	6,7	27747,0	26800,0	-947,0	-3,4
$N_{200}P_{100}K_{240}$*	6,9	33402,5	27600,0	-5802,5	-17,4
Гній – 20 т/га*	6,8	25182,0	27200,0	2018,0	8,0
Гній – 40 т/га*	7	31182,0	28000,0	-3182,0	-10,2
Гній – 80 т/га*	7,3	43182,0	29200,0	-13982,0	-32,4
$N_{60}P_{45}K_{45}$ + гній 20 т/га*	7,2	27319,5	28800,0	1480,5	5,4

*– варіанти зі стабільним або позитивним балансом агрохімічних показників

Рентабельність вирощування конопель посівних при щорічному внесенні $N_{60}P_{45}K_{45}$ також була негативною. Такий рівень живлення хоча й забезпечував врожайність соломи у розмірі 5,4 т/га, що на 2,1 т/га або 61,1 % більше порівняно до контролю, але цього виявилось недостатньо для отримання прибутку. При цьому доза мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ не дозволяла отримати бездефіцитний баланс відповідних елементів живлення у ґрунті та знижувала уміст гумусу під такими посівами.

Підвищення дози внесення добрив до $N_{120}P_{90}K_{90}$ супроводжувалось подальшим збільшенням урожайності соломи, яка у порівнянні з контрольним варіантом зросла більш ніж у 2 рази і склала 6,7 т/га. Витрати на вирощування також підвищились до 27747,0 грн/га, що при виручці від реалізованої продукції у 25800,0 не дозволяло отримати позитивний економічний ефект, хоча він був найвищим серед досліджуваних норм мінеральних добрив.

Подальше збільшення дози до $N_{200}P_{100}K_{240}$ продемонструвало можливість рослин конопель посівних витримувати досить високу концентрацію іонів цих елементів у ґрунті, що відобразилось на подальшому збільшенні продуктивності посіву до 6,9 т/га, але виявилось економічно не доцільним. Затрати на вирощування у такому варіанті досліду зросли до 33402,5 грн/га, дохід до 27600,0 грн/га, відповідно отримано збиток у розмірі 5802,5 грн/га.

Застосування 20 т/га органічних добрив під коноплі посівні у монокультурі показало економічну та агроекологічну ефективність. Так, при щорічному внесенні середня врожайність соломи склала 6,8 т/га, що на 3,5 т/га або 106,1 % більше ніж на контролі. При затратах на вирощування у розмірі 25182,0 грн/га отримано найвищу по дослідах прибутковість на рівні 2018,0 грн/га та рентабельність – 8,0 %.

При збільшенні дози щорічного внесення органічних добрив до 40 та 80 т/га спостерігаємо подальше поступове збільшення врожайності соломи до 7,0 та 7,3 т/га, на фоні стрімкого зростання рівня витрат до 31182,0 та 43182,0 грн/га, що призводило до збитковості на рівні 3182,0 та 13982,0 грн/га відповідно.

Застосування органо-мінеральної системи живлення при вирощуванні конопель посівних у монокультурі є мінімально маржинальним. Так, у варіанті досліду із щорічним внесенням мінеральних $N_{60}P_{45}K_{45}$ і органічних –20 т/га добрив отримано високі показники урожайності на рівні 7,2 т/га соломи конопель посівних. Витрати на вирощування при цьому склали 27319,5 грн/га, дохід – 28800,0 грн/га відповідно, отримано позитивну рентабельність (8,0 %).

У результаті проведених досліджень встановлено, що вирощування конопель посівних у монокультурі є економічно й агроекологічно можливим за рахунок окремих компенсуючих факторів. Так, щорічне внесення органічних добрив (гній) у нормі 20 т/га дозволяє отримати до 6,8 т/га соломи зеленцю при рентабельності вирощування на рівні 8,0 % поряд зі стабільним балансом агрохімічних показників у ґрунті. Застосування додатково мінеральних добрив

у розрахунку $N_{60}P_{45}K_{45}$ підвищує врожайність до 7,2 т/га, але рентабельність дещо знижується до 5,4 %.

У цілому ж необхідно зазначити, що низький рівень економічної ефективності вирощування конопель у монокультурі на зеленець спостерігається через відносно високу вартість насіннєвого матеріалу, додаткові витрати на збирання та не достньо обґрунтовані існуючі ціни на отриману сировину. Основним завданням зеленцевих посівів є отримання високоякісної волокнистої сировини, основний економічний зиск від якої передбачається отримати при подальшій переробці.

8.3. Економічне обґрунтування вирощування конопель двобічного використання (солома та насіння)

Останнім часом все більшого розповсюдження серед товаровиробників набуває технологія вирощування конопель посівних на так зване двобічне використання, коли застосовується суцільний висів із середніми нормами посіву культури, а однаково важливим є досягнення високої продуктивності та якості, як насіння, так і соломи.

Вплив норми висіву насіння на економічну ефективність культивування конопель посівних на двобічне використання розраховували на основі технологічної карти (додаток Е) й наведено у таблиці 8.6.

Таким чином, норма висіву насіння конопель посівних 0,5 млн шт/га забезпечувала отримання урожайності соломи 5,5 т/га, насіння 1,5 т/га. Витрати на вирощування склали 18355,5 грн, а рівень доходу – 47250 грн/га, що дозволило отримати прибуток у розмірі 28894,5 грн/га і рентабельність – 157,4 %.

Найбільш економічно доцільним при вирощуванні конопель посівних на двобічне використання виявилась норма висіву 1,0 млн шт/га. Так, отримано найвищу урожайність насіння у дослідах – 1,7 т/га, поряд із високою урожайністю соломи – 6,4 т/га. Відповідна норма висіву насіння забезпечувала

найбільшу прибутковість (33814,6 грн/га) й рентабельність, як вирощування у цілому (169,2 %), так і застосування додаткових заходів (64,9 %).

Таблиця 8.6

Вплив густоти посіву на економічну ефективність вирощування конопель посівних на двобічне використання, % (Інститут луб'яних культур НААН, середнє за 2014 – 2016 рр).

Показник	Густота посіву, млн. шт/га				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Урожайність насіння, т/га	1,5	1,7	1,6	1,4	1,2
(+/-) до найменшої густоти, т/га		0,2	0,1	-0,1	-0,3
Ціна реалізації насіння, грн/т	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0	26000,0
Вартість насіння, грн/га	39000,0	44200,0	41600,0	36400,0	31200,0
(+/-) до найменшої густоти, грн/га		5200,0	2600,0	-2600,0	-7800,0
Урожайність солома, т/га	5,5	6,4	6,9	7,2	7,0
(+/-) до найменшої густоти, т/га		0,9	1,4	1,7	1,5
Ціна реалізації соломи, грн/т	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0
Вартість соломи, грн/га	8250,0	9600,0	10350,0	10800,0	10500,0
(+/-) до найменшої густоти, грн/га		1350,0	1350,0	1350,0	1350,0
Вартість продукції з 1 га - всього, грн	47250,0	53800,0	51950,0	47200,0	41700,0
(+/-) до найменшої густоти, грн/га		6550,0	4700,0	-50,0	-5550,0
Виробничі витрати на 1 га, грн.	18355,5	19985,4	21177,5	22443,4	22905,6
Із них витрати на: а) придбання добрив, грн/га	3900,0	3900,0	3900,0	3900,0	3900,0
б) придбання насіння, грн/га	-3600,0	-2700,0	-1800,0	-900,0	0,0
в) збирання продукції:	6211,2	7161,4	7381,6	7309,7	6871,9
- насіння, грн/га	2185,8	2477,2	2331,5	2040,1	1748,6
- солома, грн/га	4025,4	4684,1	5050,1	5269,6	5123,3
Виробничі витрати віднесені на насіння, грн/га	13890,9	15228,1	16273,8	17173,8	17782,4
(+/-) до найменшої густоти		1337,2	2382,9	3282,9	3891,4
Виробничі витрати віднесені на солому, грн/га	4464,6	4757,3	4903,7	5269,6	5123,3
(+/-) до найменшої густоти		292,8	439,1	805,1	658,7
Собівартість 1 т насіння, грн	9260,6	8957,7	10171,1	12267,0	14818,6
Собівартість 1 т соломи, грн	811,7	743,3	710,7	731,9	731,9
Прибуток - всього, грн/га	28894,5	33814,6	30772,5	24756,6	18794,4
у тому числі від: - насіння, грн/га	25109,1	28971,9	25326,2	19226,2	13417,6
соломи	3785,4	4842,7	5446,3	5530,4	5376,7
Рівень рентабельності, %	157,4	169,2	145,3	110,3	82,1

Підвищення норми висіву конопель до 1,5 млн. шт/га супроводжувалось зростанням урожайності соломи до 6,9 т/га поряд зі зменшенням врожаю насіння до 1,6 т/га. Витрати на вирощування становили 21177,5 грн/га за рівня

доходу 51950 грн/га, що дозволило отримати прибуток 30772,5 грн/га, рівень рентабельності – 145,3 %.

Подальше збільшення норми висіву насіння конопель до 2,0 млн шт/га дещо підвищувало урожайність соломи (7,2 т/га) на фоні істотного зниження насіннєвої продуктивності (1,4 т/га). Отримана урожайність посіву забезпечували прибуток на рівні 24756,6 грн/га, а рентабельність вирощування знизилась до 110,3 %.

Наступне зростання норми висіву насіння конопель посівних до 2,5 млн шт/га продемонструвало певне зниження загальної продуктивності рослин на фоні підвищення витрат на вирощування. Так, рівень прибутку знизився до 18794,4 грн/га, а рентабельність до 82,1 %, що свідчить про економічну недоцільність подальшого загущення посіву при культивуванні рослин конопель посівних на двобічне використання.

У результаті економічного аналізу вирощування конопель посівних на двобічне використання встановлено, що підвищення норми висіву з 0,5 до 2,0 млн шт/га супроводжується поступовим збільшенням урожайності соломи з 5,5 т/га до 7,2 т/га, поряд із високою насіннєвою продуктивністю (1,4 – 1,7 т/га.).

Наступне зростання норми висіву до 2,5 млн шт/га продемонструвало зниження загальної продуктивності рослин на фоні підвищення витрат на вирощування, що свідчить про економічну недоцільність подальшого загущення посіву при культивуванні рослин конопель посівних на двобічне використання.

Найбільш економічно доцільною при вирощуванні конопель посівних на двобічне використання виявилась норма висіву 1,0 млн шт/га, яка забезпечувала найвищу прибутковість (33814,6 грн/га) й рентабельність вирощування (169,2 %) у досліді.

Список використаних джерел

1. Коноплі / [Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гілязетдінов Р.Н. та ін.]; за ред.: М.Д. Мигаля, В.М. Кабанця. – Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. – 384 с.

2. Резвих Н.І. Світовий та вітчизняний досвід використання стебел конопель. *Легка промисловість*. 2010. № 2. С. 34–36.

3. Коноплярство: наукові здобутки і перспективи : монографія / [Вировець В. Г., Лайко І. М., Мигаль М. Д. та ін.] ; за ред. І. О. Маринченка, Guo Chunjing. – Суми : ФОП Щербина І. В., 2018. – 158 с.

4. Asquer C., Melis E., Scano E.A. et al. Opportunities for green energy through emerging crops: biogas valorization of *Cannabis sativa* L. residues. *Climate*. 2019. Vol. 7, Iss. 12, 142. P. 1–20. DOI: 10.3390/cli7120142

5. Prade T., Svensson S. E., Andersson A. et al. Biomass and energy yield of industrial hemp for biogas and solid fuel. *Biomass and Bioenergy*. 2011. Vol. 35, Iss. 7. P. 3040–3049. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.04.006

6. Prade T., Svensson S. E., Mattsson J. E. Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 40. P. 36–52. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.01.045

7. Rehman M. S. U., Saif A., Mahmood T. et al. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Pakistan perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 18. P. 154–164. DOI: 10.1016/j.rser.2012.10.019

8. Kołodziej J., Wladyka-Przybylak M., Mankowski J. et al. Heat of combustion of hemp and briquettes made of hemp shives. *Renewable Energy and Energy Efficiency: proceedings of the international scientific conference, May 28th–30th, 2012*. Jelgava, 2012. P. 163–166.

9. Особливості вирощування конопель посівних на зерно в умовах північно–східного Лісостепу України (методичні рекомендації) / [В. М. Кабанець, В. В. Кабанець]. – Сад, 2018. – 32 с.

10. Caplan D., Dixon M., Zheng Y. Increasing inflorescence dry weight and cannabinoid content in medical cannabis using controlled drought stress. *HortScience*. 2019. Vol. 54, Iss. 5. P. 964–969. DOI: 10.21273/HORTSCI13510-18.

11. Mahlberg P. G., Kim E. S. Accumulation of cannabinoids in glandular trichomes of *Cannabis (Cannabaceae). Journal of Industrial Hemp*. 2004. Vol. 9, Iss. 1. P. 15–36. DOI: 10.1300/J237v09n01_04

12. Taura F., Sirikantaramas S., Shoyama Y. et al. Cannabidiolic-acid synthase, the chemotype-determining enzyme in the fiber-type *Cannabis sativa* L.. *FEBS Letters*. 2007. Vol. 581, Iss. 16. P. 2929–2934. DOI: 10.1016/j.febslet.2007.05.043

13. Примаков О. А., Маринченко І. О., Головій О. В. Технічні коноплі в Україні – погляд в майбутнє. *Сучасні технології*. 2013. № 5. С. 36–40.

14. Шкідники конопель посівних / В. П. Федоренко, В. В. Кабанець, В. М. Кабанець. – ФОП «Щербина І. В.», 2016. – 192 с.

15. Кабанець В. М. Сучасний стан та напрямки використання промислових конопель. *Гончарівські читання*: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 84–річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича (28 травня 2013). м. Суми, 2013. С. 124–126.

16. Бізнес – планування розвитку сільськогосподарського виробництва Північного Сходу України / за заг.ред. В. М. Кабанця, А. В. Чупіса. – Суми : ВВП «Мрія – 1», 2018. – 280 с.

17. Кабанець В. М. Вплив генотипу на формування врожаю конопель посівних. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «*Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України*» присвяченої 75 – річчю утворення Сумської області (20-21 лютого 2014 року). м. Суми, 2016. С. 134 – 135.

18. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: підруч. / В.Г. Андрійчук. – К.: КНЕУ, 2004. – 624 с.

Публікації здобувача використані при написанні розділу

1. Бізнес – планування розвитку сільськогосподарського виробництва Північного Сходу України / за заг.ред. В. М. Кабанця, А. В. Чупіса. – Суми : ВВП «Мрія – 1», 2018. – 280 с.

2. Коноплі / [Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гілязетдінов Р.Н. та ін.]; за ред.: М.Д. Мигаля, В.М. Кабанця. – Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. – 384 с.

3. Шкідники конопель посівних / В. П. Федоренко, В. В. Кабанець, В. М. Кабанець. – ФОП «Щербина І. В.», 2016. – 192 с.

4. Особливості вирощування конопель посівних на зерно в умовах північно–східного Лісостепу України (методичні рекомендації) / [В. М. Кабанець, В. В. Кабанець]. – Сад, 2018. – 32 с.

46. Кабанець В. М. Сучасний стан та напрямки використання промислових конопель. *«Гончарівські читання»*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 84-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича (м. Суми, 28 травня 2013 р.). м. Суми, 2013. С. 124–126.

47. Кабанець В. М. Вплив генотипу на формування врожаю конопель посівних. *«Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в північно-східному регіоні України»* : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю утворення Сумської області (с. Сад, 20-21 лютого 2014 р.). Суми, 2016. С. 134–135.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення практичного завдання з підвищення продуктивності культури конопель шляхом її технологічної диференціації з обґрунтуванням базових параметрів технологій вирощування на двобічне використання, для отримання товарного насіння, фітомеліоративних посівів та монокультури.

1. Встановлено, що поглинання падаючого потоку ФАР посівом конопель станом на 24.05; 24.06; 24.07; 24.08 та 24.09 складає в середньому 41,0; 68,1; 84,8; 79,9 та 66,4 % від падаючого потоку ФАР. Невідповідність дат максимального надходження та максимального поглинання ФАР посівами в зоні досліджень складає 18-24 доби. Найвищий рівень поглинання забезпечується посівами з розрахунковою густотою рослин 2,0 та 2,5 млн шт/га.

2. Визначено, що суттєве зниження світлоутримуючої здатності посівів конопель, що розпочинається з фази цвітіння, є визначальним фактором повторного забур'янення. Статистично суттєве зростання кількості та середньої маси бур'янів відмічається в посівах із розрахунковою густотою рослин менше 2,0 млн шт/га, які затримують менше 80 % падаючого потоку ФАР.

3. Встановлено, що оптимальною для формування урожайності посівів конопель двобічного використання є розрахункова передзбиральна густота рослин 2,0 млн шт/га. Такі посіви формують урожайність соломи 7,2 т/га з виходом волокна 30,9 % із якого 26,2 % – довгого та урожайність насіння – 1,4 т/га.

4. За результатами аналізів встановлено, що найвищий рівень потенційної жаростійкості за показником фотофізичних процесів у хлоропластах мають сорти Глесія та Гляна, показники RFD яких становлять 2,07 та 1,96 відповідно. Останній сорт має найвищі показники водоутримуючої здатності клітин. Втрата води із клітин цього сорту через 6 годин не перевищує 40%.

5. Визначено значення та діапазон вмісту хлорофілу у різних сортах конопель, а саме 2,6 – 4,9 мг/г або 1,8 – 3,2 мг/дм^2 листкової поверхні.

Максимальну частку «тіневитривалого» хлорофілу b мають сорти Глухівські 85, Золотоніські 15 та Глухівські 51– 31,3; 30,3 та 30,2 % відповідно. Найвищу концентрацію хлорофілу b у нижньому ярусі листків – 1,9 мг/г або 38,9 % від загальної кількості має сорт Глухівські 51.

6. Встановлено середні показники та діапазон вмісту основних хімічних елементів. Так, в умовах зони досліджень одна тонна урожаю соломи містить: калію 6,65-4,11 кг; фосфору 1,16-0,18 кг; магнію 0,76-0,46 кг. Урожаю насіння – калію 12,65-7,12 кг; фосфору 3,76-2,99 кг; кальцію 9,35-6,35 кг.

7. Визначено середні значення коефіцієнта біологічного накопичення токсичних елементів у надземній частині конопель, а саме 0,58 для стронцію, 0,66 та 0,39 сумарно для груп високотоксичних та середньотоксичних важких металів відповідно.

8. Встановлено, що максимальний рівень винесення із ґрунту стронцію (262,38 г/га) забезпечують суцільні посіви сорту Гляна, зібрані у фазі біологічної стиглості. Найвищі сумарні показники винесення для груп високотоксичних – 145,65 г/га та середньотоксичних ВМ – 47,15 г/га забезпечують широкорядні посіви сорту Гляна, зібрані у період біологічної стиглості.

9. Експериментально доведено, що монокультура конопель забезпечує стабільний та позитивний баланс гумусу й основних макроелементів за умови щорічного внесення 40 і більше тонн гною на 1 га або комплексному внесенні 20 т/га гною + $N_{60}P_{45}K_{45}$. Середня урожайність соломи, що формується за таких умов, перевищує 7,0 т/га із загальною довжиною стебел вище 190 см та технічною довжиною понад 134 см.

10. Визначено поправковий коефіцієнт для сівби широкорядних посівів на розрахункову передзбиральну густоту. Максимальне значення коефіцієнта 1,2 мають посіви з мінімальною нормою добрив – $N_{15}P_{15}K_{15}$. Зі збільшенням норми мінеральних добрив значення коефіцієнта зменшується. Посіви з нормою добрив $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ мають мінімальне значення поправкового коефіцієнта – 1,07.

11. Встановлено, що в умовах широкорядних посівів зменшення норми висіву насіння менше 0,25 млн шт/га не компенсується суттєвим зростанням індивідуальної насіннєвої продуктивності рослин. Діапазон продуктивності рослин за такої норми висіву при внесенні різних норм мінеральних добрив складає від 6,9 до 10,2 г/рослину.

12. Максимальна урожайність посівів конопель для отримання товарного насіння – 2,18 т/га забезпечується використанням норми висіву 0,25 млн шт/га. За цих умов урожайність соломи, як побічної продукції, складає 6,2 т/га. Покрокове збільшення норм мінеральних добрив із $N_{15}P_{15}K_{15}$ до $N_{105}P_{75}K_{75}$ + $N_{15}P_{15}K_{15}$ супроводжується зростанням урожайності насіння із 1,57 до 2,27 т/га, соломи – 5,22 до 7,58 т/га.

13. Максимальна частка урожаю насіння як основної продукції 26,1 % від загальної фітомаси забезпечується використанням норми висіву 0,25 млн шт/га. Зниження норми висіву до 0,125 млн шт/га або збільшення до 0,5 млн шт/га супроводжується зменшенням частки основного урожаю до 19,9 та 22,5 % відповідно.

14. Найвищу економічну ефективність забезпечують посіви конопель для отримання товарного насіння. Залежно від норми висіву насіння та внесення мінеральних добрив рентабельність їх вирощування складає 126,0 – 225,6 %. Максимальний рівень рентабельності забезпечує варіант із нормою висіву 0,25 млн шт/га та внесенням мінеральних добрив нормою $N_{15}P_{15}K_{15}$.

15. Вирощування зеленцевих посівів конопель в умовах монокультури, що підтримує позитивний або стабільний баланс гумусу й основних макроелементів, забезпечує рівень рентабельності на рівні 5, 4 % за умови комплексного внесення гною нормою 20 т/га та мінеральних добрив нормою $N_{60}P_{45}K_{45}$. Інші схеми підтримання монокультури економічно необґрунтовані або не забезпечують бездефіцитний баланс гумусу та основних макроелементів.

16. Економічна ефективність технології на двобічне використання урожаю визначається співвідношенням цін на товарне насіння та солому.

Максимальні значення показників економічної ефективності забезпечують посіви, сформовані на кінцеву густоту рослин 1,0 млн шт/га, які мають найвищий рівень урожайності насіння – прибуток 33814,6 грн/га при рентабельності 169,2 %. Зниження урожайності насіння (незалежно від урожайності соломи) супроводжується зменшенням показників доходу та рентабельності.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Державним адміністраціям та Департаментам АПР коноплесіючих регіонів:

- у програмах розвитку територій передбачити зростання посівних площ під коноплями як високорентабельною культурою з широким спектром використання урожаю;
- використовувати культуру конопель у програмах ремедіації земель радіаційного забруднення та комплексного забруднення важкими металами.

Науковим установам та ВНЗ аграрного профілю:

- активізувати дослідження з технологічного та селекційного забезпечення диференціації культури конопель за напрямами зернового, двобічного та фітомеліоративного використання;
- технологічну адаптованість сортів конопель до умов посівів зернового, двобічного та фітомеліоративного використання проводити з урахуванням комплексу ознак розвитку фотосинтетичного апарату рослин.

Виробникам товарної продукції різних форм власності:

- при планування сортового асортименту враховувати особливості роботи фотосинтетичного апарату рослин:
- для умов посівів, спрямованих на отримання товарного насіння, використовувати сорти Гляна та Глесія;
- для посівів із підвищеною густотою рослин – сорти Глухівські 51, Глухівські 85 та Золотоніські 15;

- при розробці та реалізації технологій:
- вирощування конопель на двобічне використання застосовувати суцільні посіви з розрахунковою густотою рослин 1,0 млн шт/га;
- для отримання товарного насіння конопель використовувати широкорядні посіви з нормою висіву 0,25 млн шт/га при нормі внесення мінеральних добрив N45P30K30 + N15P15K15;
- при вирощуванні конопель у монокультурі забезпечувати бездефіцитний баланс гумусу та основних мікроелементів за рахунок щорічного внесення гною нормою 40 і більше т/га або комплексним внесенням гною дозою 20 т/га та мінеральних добрив дозою N60P45K45.

ДОДАТКИ

Додаток А

Метеорологічні умови вегетації рослин конопель посівних (метеостанція м. Глухів, 2009 – 2017 рр.)

Місяць	Декада	Температура, °С	Відносна вологість повітря, %	Опади, мм
2009 рік				
Травень	I	12,1	72	10,0
	II	14,2	66	16,1
	III	14,5	66	24,3
	Всього/сер.	*13,6*	*68*	*50,4*
Червень	I	17,2	72	22,5
	II	19,5	79	53,5
	III	21,1	68	3,2
	Всього/сер.	*19,3*	*73*	*79,2*
Липень	I	17,2	78	76,2
	II	22,3	64	0,0
	III	20,5	72	36,9
	Всього/сер.	*20,0*	*71*	*113,1*
Серпень	I	18,6	63	0,0
	II	16,1	65	3,5
	III	15,1	67	17,3
	Всього/сер.	*16,6*	*65*	*20,8*
Вересень	I	17,5	69	5,8
	II	16,3	77	10,1
	III	14,8	82	28,0
	Всього/сер.	*16,2*	*76*	*43,9*
За період		***17,1***	***71***	***307,4***
2010				
Травень	I	15,2	73	19,6
	II	17,1	66	2,6
	III	18,7	61	0,0
	Всього/сер.	*17,0*	*67*	*22,2*
Червень	I	19,2	63	5,2
	II	23,1	55	3,0
	III	21,0	68	25,9
	Всього/сер.	*21,1*	*62*	*34,1*
Липень	I	23,3	65	52,1
	II	25,1	62	23,4
	III	26,0	48	0,0
	Всього/сер.	*24,8*	*58*	*75,5*
Серпень	I	25,5	51	0,0
	II	24,1	59	4,5
	III	21,5	62	8,0
	Всього/сер.	*23,7*	*57*	*12,5*
Вересень	I	18,2	63	5,6
	II	14,2	68	15,3
	III	8,7	77	45,6
	Всього/сер.	*13,7*	*69*	*66,5*
За період		***20,1***	***62***	***210,8***

Продовження додатку А

Місяць	Декада	Температура, °С	Відносна вологість повітря, %	Опади, мм
2011 рік				
Травень	I	13,0	71	23,9
	II	15,1	65	4,5
	III	18,4	62	6,0
	Всього/сер.	*15,6*	*66*	*34,4*
Червень	I	20,5	58	3,9
	II	20,0	65	23,9
	III	18,0	78	26,0
	Всього/сер.	*19,5*	*67*	*53,8*
Липень	I	19,6	79	103,0
	II	23,2	70	0,0
	III	22,4	73	27,0
	Всього/сер.	*21,7*	*74*	*130,0*
Серпень	I	17,5	77	30,9
	II	19,8	77	23,7
	III	20,8	63	0,0
	Всього/сер.	*18,0*	*75*	*73,1*
Вересень	I	14,0	78	9,3
	II	13,2	73	7,8
	III	12,4	74	1,5
	Всього/сер.	*13,2*	*75*	*18,6*
За період		***17,6***	***71***	***309,9***
2012 рік				
Травень	I	17,9	64	4,6
	II	17,8	71	23,1
	III	16,8	58	7,9
	Всього/сер.	*17,5*	*64*	*35,6*
Червень	I	15,9	75	44,0
	II	20,8	70	6,9
	III	17,9	70	6,7
	Всього/сер.	*18,2*	*72*	*57,7*
Липень	I	23,3	67	20,3
	II	19,1	79	65,7
	III	22,1	64	0,6
	Всього/сер.	*21,5*	*70*	*87,2*
Серпень	I	23,0	60	2,6
	II	17,6	78	25,5
	III	16,6	77	72,7
	Всього/сер.	*19,0*	*72*	*100,8*
Вересень	I	14,6	74	27,6
	II	14,8	71	1,4
	III	13,8	76	19,6
	Всього/сер.	*14,4*	*74*	*48,6*
За період		***18,1***	***70***	***329,9***

Продовження додатку А

Місяць	Декада	Температура, °С	Відносна вологість повітря, %	Опади, мм
2013 рік				
Травень	I	15,3	64	13,0
	II	21,0	59	2,1
	III	18,3	73	52,0
	Всього/сер.	*18,2*	*66*	*67,1*
Червень	I	18,7	73	39,3
	II	20,5	68	2,5
	III	21,3	71	3,0
	Всього/сер.	*20,2*	*71*	*44,8*
Липень	I	21,6	72	36,4
	II	19,1	75	37,2
	III	16,7	77	10,5
	Всього/сер.	*19,1*	*75*	*84,1*
Серпень	I	20,4	74	18,5
	II	20,0	69	11,9
	III	16,2	81	70,6
	Всього/сер.	*18,8*	*75*	*101,0*
Вересень	I	12,3	87	24,0
	II	13,7	87	52,1
	III	7,6	86	30,8
	Всього/сер.	*11,2*	*87*	*106,9*
За період		***17,5***	***75***	***403,9***
2014 рік				
Травень	I	11,4	58	16,9
	II	19,5	60	5,6
	III	20,8	64	8,3
	Всього/сер.	*17,3*	*61*	*30,8*
Червень	I	20,4	65	14,6
	II	15,0	71	18,2
	III	14,6	75	55,4
	Всього/сер.	*16,7*	*70*	*88,2*
Липень	I	19,3	70	0,5
	II	21,2	76	53,1
	III	20,5	67	28,3
	Всього/сер.	*20,3*	*71*	*81,9*
Серпень	I	22,6	64	5,2
	II	20,7	67	0,0
	III	15,7	70	16,0
	Всього/сер.	*19,5*	*67*	*21,2*
Вересень	I	17,0	62	0,0
	II	12,9	58	0,0
	III	10,2	77	35,3
	Всього/сер.	*13,4*	*66*	*35,3*
За період		***17,4***	***67***	***257,4***

Продовження додатку А

Місяць	Декада	Температура, °С	Відносна вологість повітря, %	Опади, мм
2015 рік				
Травень	I	12,6	62	7,3
	II	13,2	59	22,3
	III	19,2	66	101,9
	Всього/сер.	*15,1*	*62*	*131,5*
Червень	I	19,1	58	0,0
	II	18,0	72	15,8
	III	18,2	78	17,2
	Всього/сер.	*18,4*	*69*	*33,0*
Липень	I	21,0	68	10,5
	II	16,5	78	28,0
	III	21,1	71	0,1
	Всього/сер.	*19,6*	*72*	*38,6*
Серпень	I	21,3	61	3,2
	II	19,6	57	0,0
	III	18,6	54	0,0
	Всього/сер.	*19,8*	*57*	*3,2*
Вересень	I	16,8	72	32,8
	II	15,4	65	0,0
	III	17,1	59	3,0
	Всього/сер.	*16,5*	*65*	*35,8*
За період		***15,9***	***65***	***242,1***
2016 рік				
Травень	I	13,8	62	9,1
	II	12,8	76	42,3
	III	16,6	80	35,0
	Всього/сер.	*14,5*	*73*	*86,4*
Червень	I	14,9	63	6,8
	II	18,5	78	58,5
	III	21,9	76	54,5
	Всього/сер.	*18,4*	*72*	*119,8*
Липень	I	18,9	71	23,4
	II	22,5	70	70,8
	III	20,9	75	18,8
	Всього/сер.	*20,8*	*72*	*113,0*
Серпень	I	20,9	69	4,0
	II	17,5	79	35,5
	III	20,1	70	8,8
	Всього/сер.	*19,5*	*73*	*48,3*
Вересень	I	16,3	71	0,0
	II	12,1	72	1,2
	III	9,1	78	2,2
	Всього/сер.	*12,5*	*73*	*3,4*
За період		***17,4***	***73***	***370,9***

Продовження додатку А

Місяць	Декада	Температура, °С	Відносна вологість повітря, %	Опади, мм
2017 рік				
Травень	I	13,1	54	10,6
	II	10,3	64	16,2
	III	16,4	64	17,1
	Всього/сер.	*13,4*	*60*	*43,9*
Червень	I	15,7	65	11,9
	II	16,8	65	5,0
	III	19,0	69	32,7
	Всього/сер.	*17,2*	*66*	*49,6*
Липень	I	16,4	70	14,4
	II	18,6	74	29,0
	III	20,9	74	21,1
	Всього/сер.	*18,7*	*73*	*64,5*
Серпень	I	22,0	72	15,9
	II	22,9	65	0,0
	III	16,8	71	3,6
	Всього/сер.	*20,5*	*69*	*19,5*
Вересень	I	15,1	83	37,7
	II	17,1	65	0,7
	III	11,7	62	0,4
	Всього/сер.	*14,6*	*70*	*38,8*
За період		***16,9***	***67***	***216,3***

Додаток Б

Окремі результати польових досліджень

Врожайність соломи конопель у монокультурі, т/га (2009 – 2013 рр.)

Варіанти досліджень	Врожайність соломи, ц/га				
	2009 рік	2010 рік	2011рік	2012 рік	2013 рік
Контроль – без внесення добрив	3,4	2,6	3,8	3,5	3,3
$N_{60}P_{45}K_{45}$	5,8	4,3	6,2	5,6	5,2
$N_{120}P_{90}K_{90}$	7,8	5,5	7,9	6,7	5,7
$N_{200}P_{100}K_{240}$	7,9	5,6	8,3	7,0	5,9
Гній – 20 т/га	7,8	5,3	8,0	7,0	5,9
Гній – 40 т/га	8,1	5,4	8,1	7,4	6,1
Гній – 80 т/га	8,3	5,7	8,4	7,6	6,4
$N_{60}P_{45}K_{45}$ + гній – 20 т/га	8,0	5,6	8,4	7,5	6,4

Продовження додатку Б

Продуктивність конопель посівних

залежно від норми висіву й удобрення (2009 р.)

№ з/п	Варіант	Урожайність					
		соломи			насіння		
		ц/га	до контролю		ц/га	до контролю	
			ц/га	%		ц/га	%
0,125 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	54,8	0,0	100,0	14,0	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	60,5	5,8	110,5	14,7	0,7	104,9
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	65,2	10,5	119,1	15,7	1,7	111,8
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	68,2	13,4	124,4	17,1	3,1	122,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	75,5	20,7	137,9	18,0	4,0	128,4
025 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	51,4	0,0	100,0	15,6	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	56,5	5,1	109,9	19,0	3,4	121,8
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	61,2	9,9	119,2	20,6	5,0	131,7
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	69,3	18,0	135,0	23,7	8,1	152,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	75,3	23,9	146,5	26,3	10,7	168,6
0,5 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	49,8	0,0	100,0	14,8	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	57,8	8,0	116,0	17,0	2,2	115,0
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	65,8	16,0	132,1	18,4	3,6	124,3
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	75,2	25,4	151,0	22,4	7,5	151,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	81,0	31,2	162,7	24,2	9,4	163,2

Продовження додатку Б

Продуктивність конопель посівних

залежно від норми висіву й удобрення (2010 р.)

№ з/п	Варіант	Урожайність					
		соломи			насіння		
		ц/га	до контролю		ц/га	до контролю	
			ц/га	%		ц/га	%
0,125 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	36,5	0,0	100,0	9,4	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	40,4	3,8	110,5	9,8	0,5	104,9
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	43,5	7,0	119,1	10,5	1,1	111,8
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	45,4	8,9	124,4	11,4	2,1	122,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	50,4	13,8	137,9	12,0	2,7	128,4
025 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	34,2	0,0	100,0	10,4	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	37,6	3,4	109,9	12,7	2,3	121,8
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	40,8	6,6	119,2	13,7	3,3	131,7
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	46,2	12,0	135,0	15,8	5,4	152,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	50,2	15,9	146,5	17,6	7,1	168,6
0,5 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	33,2	0,0	100,0	9,9	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	38,5	5,3	116,0	11,4	1,5	115,0
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	43,9	10,7	132,1	12,3	2,4	124,3
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	50,1	16,9	151,0	14,9	5,0	151,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	54,0	20,8	162,7	16,1	6,2	163,2

Продовження додатку Б

Продуктивність конопель посівних

залежно від норми висіву й удобрення (2011 р.)

№ з/п	Варіант	Урожайність					
		соломи			насіння		
		ц/га	до контролю		ц/га	до контролю	
			ц/га	%		ц/га	%
0,125 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	65,5	0	100,0	17,5	0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	70,5	5,0	107,7	18,5	1,0	105,5
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	79,1	13,6	120,8	19,0	1,4	108,2
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	82,1	16,6	125,4	20,0	2,5	114,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	88,9	23,5	135,8	21,8	4,3	124,3
025 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	66,3	0,0	100,0	27,2	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	73,8	7,5	111,3	28,5	1,3	104,9
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	83,8	17,5	126,3	29,8	2,6	109,7
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	88,6	22,3	133,7	31,7	4,6	116,8
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	94,4	28,1	142,4	34,6	7,4	127,4
0,5 млн шт/га							
1	контроль ($N_{15}P_{15}K_{15}$)	78,2	0,0	100,0	22,6	0,0	100,0
2	$N_{30}P_{15}K_{15} + N_{15}P_{15}K_{15}$	84,2	6,1	107,8	23,8	1,2	105,3
3	$N_{45}P_{30}K_{30} + N_{15}P_{15}K_{15}$	96,4	18,2	123,3	25,0	2,4	110,6
4	$N_{75}P_{45}K_{45} + N_{15}P_{15}K_{15}$	105,3	27,1	134,7	32,3	9,7	143,0
5	$N_{105}P_{75}K_{75} + N_{15}P_{15}K_{15}$	112,4	34,3	143,8	33,1	10,5	146,4

Додаток В

Дані математичної обробки результатів польових досліджень

Врожайність соломи, ц/га – 2014 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	115,50	38,5	2,62666667
1 млн шт/га	3	130,56	43,5	1,66666667
1,5 млн шт/га	3	126,27	42,1	1,66666667
2 млн шт/га	3	146,88	49,0	2,00666667
2,5 млн шт/га	3	136,50	45,5	0,25880113

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	140,5122	4	11,70935	15,2530466	3,478049691
В групі	9,212075	10	0,767673		
Всього	149,7243	14			

Sd= 0,438085
$НІР_{0,05}$= 0,889312

Врожайність соломи, ц/га – 2015 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	198,00	66,0	2,1175
1 млн шт/га	3	226,56	75,5	3,162112
1,5 млн шт/га	3	256,68	85,6	5,527521
2 млн шт/га	3	263,52	87,8	4,167936
2,5 млн шт/га	3	249,90	83,3	4,5129

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	155,3054	4	12,94212	2,9568463	3,478049691
В групі	52,524	10	4,377		
Всього	207,8294	14			

Sd= 1,046064
$НІР_{0,05}$= 2,12351

Продовження додатку В

Врожайність соломи, ц/га –2016 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	181,50	60,5	2,10666648
1 млн шт/га	3	218,88	73,0	4,26146436
1,5 млн шт/га	3	238,05	79,4	3,226666
2 млн шт/га	3	237,60	79,2	3,90666667
2,5 млн шт/га	3	243,60	81,2	2,62666

Продовження додатку В

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	0,306573	4	0,025548	0,02247191	3,478049691
В групі	13,64248	10	1,136874		
Всього	13,94906	14			

Sd= 0,533121
$НІР_{0,05}$= 1,082236

Врожайність насіння, ц/га – 2014 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	33,75	11,3	2,10666667
1 млн шт/га	3	33,66	11,2	0,46788778
1,5 млн шт/га	3	38,40	12,8	4,66666667
2 млн шт/га	3	29,40	9,8	0,50666667
2,5 млн шт/га	3	27,36	9,1	1,66666667

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	57,50633	4	4,792194	17,0444546	3,478049691
В групі	3,373903	10	0,281159		
Всього	60,88023	14			

Sd= 0,265122
$НІР_{0,05}$= 0,538198

Продовження додатку В

Врожайність насіння, ц/га – 2015 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	51,75	17,3	4,66666667
1 млн шт/га	3	61,20	20,4	0,54787
1,5 млн шт/га	3	50,40	16,8	2,66666667
2 млн шт/га	3	50,40	16,8	1,041545
2,5 млн шт/га	3	38,88	13,0	2,0565022

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	25,36664	4	2,113887	14,7272727	3,478049691
В групі	1,722426	10	0,143536		
Всього	27,08907	14			

Sd= 0,18943
$НІР_{0,05}$= 0,384544

Врожайність насіння, ц/га – 2016 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	66	16,5	1,42000
1 млн шт/га	3	77,52	19,4	0,49190
1,5 млн шт/га	3	73,6	18,4	1,12631
2 млн шт/га	3	61,6	15,4	1,42000
2,5 млн шт/га	3	55,68	13,9	0,99200

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	0,115777	4	0,009648	0,05571848	3,478049691
В групі	2,077892	10	0,173158		
Всього	2,193669	14			

Sd= 0,208061
$НІР_{0,05}$= 0,422364

Продовження додатку В

Вихід волокна, % – 2014 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	61,53	20,5	1,25785467
1 млн шт/га	3	60,59	20,2	1,04558765
1,5 млн шт/га	3	55,27	18,4	2,00258655
2 млн шт/га	3	63,04	21,0	0,82546666
2,5 млн шт/га	3	59,09	19,7	1,56963247

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	299,6861	4	24,97384	15,2530466	3,478049691
В групі	19,64762	10	1,637302		
Всього	319,3338	14			

Sd=0,639786
$НІР_{0,05}$=1,298765

Вихід волокна, % – 2015 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	105,48	35,2	2,0797995
1 млн шт/га	3	105,14	35,0	2,1147656
1,5 млн шт/га	3	112,34	37,4	1,8546455
2 млн шт/га	3	113,09	37,7	1,0547547
2,5 млн шт/га	3	108,17	36,1	2,0544490

Продовження додатку В

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	146,99	4	12,24917	2,9568463	3,478049691
В групі	49,71176	10	4,142647		
Всього	196,7018	14			

Sd=1,017675
$НІР_{0,05}$=2,06588

Продовження додатку В

Вихід волокна, % – 2016 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	96,69	32,2	3,48979798
1 млн шт/га	3	101,57	33,9	2,16546840
1,5 млн шт/га	3	104,19	34,7	2,98754251
2 млн шт/га	3	101,97	34,0	3,15448480
2,5 млн шт/га	3	105,44	35,1	0,87946454

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	0,644202	4	0,053683	0,02247191	3,478049691
В групі	28,66698	10	2,388915		
Всього	29,31118	14			

Sd=0,772806
$HIP_{0,05}$=1,568796

Вихід довгого волокна, % – 2014 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	56,475	18,8	1,65454899
1 млн шт/га	3	50,688	16,9	2,25654556
1,5 млн шт/га	3	61,92	20,6	3,15487655
2 млн шт/га	3	55,02	18,3	2,15874157
2,5 млн шт/га	3	59,508	19,8	1,98946547

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	487,2835	4	40,60695	17,0444546	3,478049691
В групі	28,58897	10	2,382414		
Всього	515,8724	14			

Sd=0,771754
$HIP_{0,05}$=1,56666

Продовження додатку В

Вихід довгого волокна, % – 2015 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	86,595	28,9	1,25898990
1 млн шт/га	3	92,16	30,7	1,89563232
1,5 млн шт/га	3	81,27	27,1	1,56479464
2 млн шт/га	3	94,32	31,4	0,86346620
2,5 млн шт/га	3	84,564	28,2	2,32465456

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	581,6926	4	48,47438	14,7272727	3,478049691
В групі	39,49764	10	3,29147		
Всього	621,1902	14			

Sd=0,90712
$НІР_{0,05}$=1,841455

Вихід довгого волокна, % – 2016 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	82,83	27,6	1,25487979
1 млн шт/га	3	87,552	29,2	1,84653232
1,5 млн шт/га	3	89,01	29,7	1,65446547
2 млн шт/га	3	86,46	28,8	2,05876363
2,5 млн шт/га	3	90,828	30,3	1,98634165

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	1,618079	4	0,13484	0,05571848	3,478049691
В групі	29,04026	10	2,420021		
Всього	30,65833	14			

Sd=0,777821
$НІР_{0,05}$=1,578976

Продовження додатку В

Кількість бур'янів, шт/м^2 – 2014 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	94,79	31,6	1,41187769
1 млн шт/га	3	90,29	30,1	1,19495732
1,5 млн шт/га	3	68,54	22,8	2,34997402
2 млн шт/га	3	50,80	16,9	0,90969795
2,5 млн шт/га	3	38,43	12,8	1,69776573

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	4660,843	4	388,4036	15,2530466	3,478049691
В групі	305,568	10	25,464		
Всього	4966,411	14			

Sd=2,523093
НІР$_{0,05}$=5,12188

Кількість бур'янів, шт/м^2 – 2015 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	192,696	64,2	2,22835666
1 млн шт/га	3	165,291	55,1	2,33055801
1,5 млн шт/га	3	122,976	41,0	2,0817449
2 млн шт/га	3	88,146	29,4	1,13009427
2,5 млн шт/га	3	65,88	22,0	2,34794171

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	1250,43	4	104,2025	2,9568463	3,478049691
В групі	422,893	10	35,24109		
Всього	1673,323	14			

Sd=2,96821
НІР$_{0,05}$=6,025467

Продовження додатку В

Кількість бур'янів, шт/м^2 – 2016 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	178,71	59,6	3,77467945
1 млн шт/га	3	161,124	53,7	2,36433795
1,5 млн шт/га	3	110,88	37,0	3,35336404
2 млн шт/га	3	85,158	28,4	3,60512548
2,5 млн шт/га	3	60,39	20,1	1,0589471

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	12,76844	4	1,064037	0,02247191	3,478049691
В групі	568,1955	10	47,34963		
Всього	580,9639	14			

Sd=3,440553
НІР$_{0,05}$=6,984323

Маса бур'янів, г/м^2 – 2014 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	1522,08	507,4	22,244492
1 млн шт/га	3	951,672	317,2	4,20184346
1,5 млн шт/га	3	583,425	194,5	10,4505286
2 млн шт/га	3	129,888	43,3	2,46713322
2,5 млн шт/га	3	124,95	41,7	2,11126947

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	243964,4	4	20330,37	17,0444546	3,478049691
В групі	14313,42	10	1192,785		
Всього	258277,8	14			

Sd=17,26836
НІР$_{0,05}$=35,05477

Продовження додатку В

Маса бур'янів, г/м^2 – 2015 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	1997,73	665,9	15,527542
1 млн шт/га	3	1352,376	450,8	3,59516474
1,5 млн шт/га	3	894,585	298,2	5,47678123
2 млн шт/га	3	236,16	78,7	1,01325115
2,5 млн шт/га	3	214,2	71,4	2,56186421

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	102513,1	4	8542,757	14,7272727	3,478049691
В групі	6960,765	10	580,0637		
Всього	109473,8	14			

Sd=12,04226
НІР$_{0,05}$=24,44578

Маса бур'янів, г/м^2 – 2016 р.
Однофакторний дисперсійний аналіз
Результат

Групи	*Рахунок*	*Сума*	*Середнє*	*Дисперсія*
0,5 млн шт/га	3	2187,99	729,3	15,6162818
1 млн шт/га	3	1452,552	484,2	3,50204406
1,5 млн шт/га	3	855,69	285,2	5,42871482
2 млн шт/га	3	224,352	74,8	2,26884155
2,5 млн шт/га	3	196,35	65,5	2,27010474

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*F критичне*
Між групами	853,9751	4	71,16459	0,05571848	3,478049691
В групі	15326,61	10	1277,217		
Всього	16180,58	14			

Sd=17,86909
НІР$_{0,05}$=36,27425

Додаток Д

Результати лабораторних досліджень

Визначення елементного складу неорганічних елементів у дослідних зразках методом ICP-MS на емісійному мас-спектрометрі Agilent 7700x у 2015-2017 рр.

Calibration (69 items)				
Data File	Acq. Date-Time	Type	Level	Sample Name
1	2	3	4	5
001CALB.d	4.21.2015 5:00 PM	CalBlk	1	2% HNO3
002CALS.d	4.21.2015 5:05 PM	CalStd	2	10 ppt
003CALS.d	4.21.2015 5:09 PM	CalStd	3	100 ppt
004CALS.d	4.21.2015 5:14 PM	CalStd	4	1000 ppt
011SMPL.d	4.21.2015 5:44 PM	Sample		10.03.16Konopli2
012SMPL.d	4.21.2015 5:48 PM	Sample		10.03.16Konopli3
013SMPL.d	4.21.2015 5:52 PM	Sample		10.03.16Konopli4
015SMPL.d	4.21.2015 6:00 PM	Sample		10.03.16Konopli5
016SMPL.d	4.21.2015 6:05 PM	Sample		10.03.16Konopli6
017SMPL.d	4.21.2015 6:09 PM	Sample		10.03.16Konopli7
018SMPL.d	4.21.2015 6:13 PM	Sample		10.03.16Konopli8
019SMPL.d	4.21.2015 6:17 PM	Sample		11.03.16Konopili1
020SMPL.d	4.21.2015 6:22 PM	Sample		11.03.16Konopili2
021SMPL.d	4.21.2015 6:26 PM	Sample		11.03.16Konopili3
022SMPL.d	4.21.2015 6:30 PM	Sample		11.03.16Konopili4
023SMPL.d	4.21.2015 6:34 PM	Sample		11.03.16Konopili5
024SMPL.d	4.21.2015 6:39 PM	Sample		11.03.16Konopili6
025SMPL.d	4.21.2015 6:43 PM	Sample		11.03.16Konopili7
026SMPL.d	4.21.2015 6:47 PM	Sample		11.03.16Konopili8
027SMPL.d	4.21.2015 6:51 PM	Sample		12.03.16Konopili1
028SMPL.d	4.21.2015 6:56 PM	Sample		12.03.16Konopili2
029SMPL.d	4.21.2015 7:00 PM	Sample		12.03.16Konopili3
030SMPL.d	4.21.2015 7:04 PM	Sample		12.03.16Konopili4
031SMPL.d	4.21.2015 7:08 PM	Sample		12.03.16Konopili5
032SMPL.d	4.21.2015 7:12 PM	Sample		12.03.16Konopili6
033SMPL.d	4.21.2015 7:17 PM	Sample		12.03.16Konopili7
034SMPL.d	4.21.2015 7:21 PM	Sample		12.03.16Konopili8
001CALB.d	4.27.2016 5:00 PM	CalBlk	1	2% HNO3
002CALS.d	4.27.2016 5:05 PM	CalStd	2	10 ppt
003CALS.d	4.27.2016 5:09 PM	CalStd	3	100 ppt

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5
004CALS.d	4.27.2016 5:14 PM	CalStd	4	1000 ppt
011SMPL.d	4.27.2016 5:44 PM	Sample		9.03.16 Konopli 1
012SMPL.d	4.27.2016 5:48 PM	Sample		9.03.16 Konopli 2
013SMPL.d	4.27.2016 5:52 PM	Sample		9.03.16 Konopli 3
015SMPL.d	4.27.2016 6:00 PM	Sample		9.03.16 Konopli 5
016SMPL.d	4.27.2016 6:05 PM	Sample		9.03.16 Konopli 6
017SMPL.d	4.27.2016 6:09 PM	Sample		9.03.16 Konopli 7
018SMPL.d	4.27.2016 6:13 PM	Sample		9.03.16 Konopli 8
Data File	Acq. Date-Time	Type	Level	Sample Name
019SMPL.d	4.27.2016 6:17 PM	Sample		10.03.16Konopli1
020SMPL.d	4.27.2016 6:22 PM	Sample		10.03.16Konopli2
021SMPL.d	4.27.2016 6:26 PM	Sample		10.03.16Konopli3
022SMPL.d	4.27.2016 6:30 PM	Sample		10.03.16Konopli4
023SMPL.d	4.27.2016 6:34 PM	Sample		10.03.16Konopli5
024SMPL.d	4.27.2016 6:39 PM	Sample		10.03.16Konopli6
025SMPL.d	4.27.2016 6:43 PM	Sample		10.03.16Konopli7
026SMPL.d	4.27.2016 6:47 PM	Sample		10.03.16Konopli8
027SMPL.d	4.27.2016 6:51 PM	Sample		11.03.16Konopili1
028SMPL.d	4.27.2016 6:56 PM	Sample		11.03.16Konopili2
029SMPL.d	4.27.2016 7:00 PM	Sample		11.03.16Konopili3
030SMPL.d	4.27.2016 7:04 PM	Sample		11.03.16Konopili4
031SMPL.d	4.27.2016 7:08 PM	Sample		11.03.16Konopili5
032SMPL.d	4.27.2016 7:12 PM	Sample		11.03.16Konopili6
033SMPL.d	4.27.2016 7:17 PM	Sample		11.03.16Konopili7
034SMPL.d	4.27.2016 7:21 PM	Sample		11.03.16Konopili8
001CALB.d	4.25.2017 5:00 PM	CalBlk	1	2% HNO3
002CALS.d	4.25.2017 5:05 PM	CalStd	2	10 ppt
003CALS.d	4.25.2017 5:09 PM	CalStd	3	100 ppt
004CALS.d	4.25.2017 5:14 PM	CalStd	4	1000 ppt
011SMPL.d	4.25.2017 5:44 PM	Sample		13.05.17 Konopli 1
012SMPL.d	4.25.2017 5:48 PM	Sample		13.05.17Konopli 2
013SMPL.d	4.25.2017 5:52 PM	Sample		13.05.17Konopli 3
015SMPL.d	4.25.2017 6:00 PM	Sample		13.05.17Konopli 5
016SMPL.d	4.25.2017 6:05 PM	Sample		13.05.17Konopli 6
017SMPL.d	4.25.2017 6:05 PM	Sample		13.05.17Konopli 7

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5
018SMPL.d	4.25.2017 6:13 PM	Sample		13.05.17Konopli 8
019SMPL.d	4.25.2017 6:17 PM	Sample		14.05.17Konopli1
020SMPL.d	4.25.2017 6:22 PM	Sample		14.05.17Konopli2
021SMPL.d	4.25.2017 6:26 PM	Sample		14.05.17Konopli3
022SMPL.d	4.25.2017 6:30 PM	Sample		14.05.17Konopli4
023SMPL.d	4.25.2017 6:34 PM	Sample		14.05.17Konopli5
024SMPL.d	4.25.2017 6:39 PM	Sample		14.05.17Konopli6
025SMPL.d	4.25.2017 6:43 PM	Sample		14.05.17Konopli7
026SMPL.d	4.25.2017 6:47 PM	Sample		14.05.17Konopli8
027SMPL.d	4.25.2017 6:51 PM	Sample		15.05.17Konopili1
028SMPL.d	4.25.2017 6:56 PM	Sample		15.05.17Konopili2
029SMPL.d	4.25.2017 7:00 PM	Sample		15.05.17Konopili3
030SMPL.d	4.25.2017 7:04 PM	Sample		15.05.17Konopili4
031SMPL.d	4.25.2017 7:08 PM	Sample		15.05.17Konopili5
032SMPL.d	4.25.2017 7:12 PM	Sample		15.05.17Konopili6
033SMPL.d	4.25.2017 7:17 PM	Sample		15.05.17Konopili7
034SMPL.d	4.25.2017 7:21 PM	Sample		15.05.17Konopili8

Продовження додатку Д

Лужноземельні метали у ґрунті та у рослинах конопель за результатами лабораторного аналізу у 2015-2017 р.

88 Sr [No Gas]		135 Ba [No Gas]		9 Be [No Gas]		44 Ca [He]		24 Mg [He]	
Conc. [ppt]	Conc. [ppt]	Conc. [ppt]	Conc. [ppt]	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. RSD	Conc. RSD	Conc. RSD	Conc. RSD
0	0	0	0	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2015 р.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
44477,2191	3,1275937	95262,2538	5,132739	495,590558	6,1402088	393326,3273	2,526686	2397684,638	5,7313513
47246,1764	2,5413171	93335,4191	5,5093717	500,705037	5,5752122	389578,8879	1,837202	2489160,739	3,4613148
50078,3115	5,9826571	100053,063	2,8718453	510,331099	2,8555432	406082,8858	1,2759345	2461145,139	2,1772327
47491,958	2,6559605	100512,244	4,5473506	489,444482	0,5818601	366395,9389	1,0294226	2350323,146	4,2694811
43133,2352	1,6306291	84004,7664	3,355642	428,710447	3,2388078	351023,6662	2,7917954	2265027,417	3,1507904
49487,3033	8,6604981	99430,3486	3,2394564	480,753912	2,4665376	394882,8664	0,6176925	2497498,843	4,9222618
43582,8506	9,8292708	94648,8737	11,236891	429,696829	4,1278078	340201,5262	2,9986884	2402729,938	5,6260895
45434,8435	6,0230336	97493,7564	3,7605184	485,218921	7,0777199	355814,487	4,4721149	2362455,152	3,2219054
31623,5849	5,1004509	9666,03835	4,2881659	<0.000	N/A	438468,5031	3,2490581	750334,7256	2,252215
33733,3	11,938888	12815,2082	8,2463235	<0.000	N/A	448238,139	2,8977662	619341,53	9,6807432
34443,1538	9,0340788	11629,643	5,6971968	<0.000	N/A	477190,8541	2,3283061	741518,6425	3,7483442
28304,4025	6,2289432	7962,22054	2,3379877	<0.000	N/A	431988,7494	13,928642	659093,3063	12,995463
26283,1748	1,1089849	7690,40937	2,881687	<0.000	N/A	397332,8975	2,6278633	756745,5843	4,4202933
24103,5422	9,8093473	5860,11736	2,8716623	<0.000	N/A	381894,0197	2,7735775	509961,0658	2,4846683
22843,1027	5,7090752	7637,94383	3,7785566	<0.000	N/A	355038,3341	1,9013996	764143,9081	2,2860592
27599,0964	4,1319759	7453,75462	4,1617554	<0.000	N/A	409281,7613	3,6348465	463489,9212	2,3730633
2016 р.									
943,705335	6,3758436	936,188	3,2705888	97,675895	2,9749853	111,0076072	9,3634731	98,12534602	25,913129
91,5513619	5,9523606	90,4117847	7,465918	96,0192841	6,1941121	108,2780166	4,6633716	103,0181567	2,5389885
1000,85049	4,1502676	1000,9652	2,2879338	1000,4004	2,002385	999,1611907	1,891036	999,700059	2,1642326
12005,0253	3,2552344	2455,22983	7,7100488	<0.000	N/A	226347,5131	1,2799057	3478496,587	6,9281767
10567,2571	6,6118427	2174,65571	2,2567008	<0.000	N/A	179642,9052	2,3706908	3758442,322	4,6535659
12545,8341	1,6033728	2214,27972	1,1664458	<0.000	N/A	216625,0756	4,8955412	3368956,894	9,0994231
11557,6317	3,3975095	2277,36822	3,2213762	<0.000	N/A	247829,6182	5,0554016	2995362,992	3,6039075
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8102,92302	4,5064558	1450,03198	3,648513	<0.000	N/A	162109,7672	3,8570464	3345605,075	5,9412011
11617,7439	2,0258833	2154,38659	1,2496352	<0.000	N/A	233256,061	3,0564618	3101278,937	2,02686
9071,40119	6,1894231	1725,11756	4,1018625	<0.000	N/A	151491,8301	3,2873668	3376271,963	4,9034412

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2017 р.									
790,5013	4,843804	782,984	1,738549	82,3555	1,442945	95,68721	7,831433	82,80495	2,438109
90,01932	4,420321	88,87974	5,933878	94,48724	4,662072	106,746	3,131332	101,4861	1,006949
999,3185	2,618228	999,4332	0,755894	998,8684	0,470345	997,6292	0,358996	998,168	0,632193
12003,49	1,723194	2453,698	6,178009	<0.000	N/A	226346	-0,25213	347,8495	5,396137
10565,73	5,079803	2173,124	0,724661	<0.000	N/A	179641,4	0,838651	375,8441	3,121526
12544,3	0,071333	2212,748	-0,36559	<0.000	N/A	216623,5	3,363501	336,8955	7,567383
11556,1	1,86547	2275,836	1,689336	<0.000	N/A	247828,1	3,523362	299,5361	2,071868
8101,391	2,974416	1448,5	2,116473	<0.000	N/A	162108,2	2,325006	334,5604	4,409161
11616,21	0,493843	2152,855	0,2824	<0.000	N/A	233254,5	1,524422	310,1277	0,49482
9069,869	4,657383	1723,586	2,569823	<0.000	N/A	151490,3	1,755327	337,6270	3,371401

Продовження додатку Д

Присутність хімічних елементів лантаноїдної групи у ґрунті та рослинах конопель посівних, 2015-2017 рр.

141 Pr [No Gas]		157 Gd [No Gas]		147 Sm [No Gas]		163 Dy [No Gas]		146 Nd [No Gas]		153 Eu [No Gas]	
Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD
0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015											
4628,7339	3,3136908	4698,92637	1,2837564	3242,2538	1,9651912	1984,03305	4,3080739	17847,3238	1,6091253	685,263733	2,9847307
4888,21683	6,8281504	5020,19881	4,1477807	3272,97306	2,6893966	2077,58094	3,2626597	18347,8271	4,2054002	709,894329	2,4808238
5152,33524	0,3619643	5291,38475	4,4106952	3561,44601	5,5050458	2203,85554	5,7108061	19214,5702	3,5660026	757,645796	5,2488424
5461,50988	4,3317753	5233,22816	2,6697933	3614,82129	4,1746139	2227,20138	1,3744256	19849,3511	4,2085709	741,386517	2,9861262
4910,34891	4,0587905	4795,55387	3,6578874	3296,71357	5,7075101	1983,94612	5,6631912	18310,9844	5,5877888	678,147981	3,4778998
5280,83595	3,4115469	5370,15094	1,9949147	3679,51388	1,8404734	2242,81118	2,7524449	19427,0162	3,4427531	764,708684	1,8416455
5150,95668	12,669949	5113,34758	8,9718666	3634,8398	10,581152	2151,02898	7,2663422	19194,8436	9,8446672	717,509733	7,6298062
4997,92494	3,9363837	4971,96835	2,8341465	3387,25255	3,1692995	2160,08628	3,0630087	18832,3941	4,4703876	717,812068	3,7675467
1799,09216	28,441377	4468,4489	1,2510126	4288,9778	86,428061	<0.000	N/A	14,1550997	14,010271	11,2670258	5,2829334
2,846798	17,487142	1902,22389	2,8426267	1826,62431	36,647098	<0.000	N/A	15,6192448	14,56786	18,0809484	14,132121
1166,80863	83,856226	1706,68018	3,8062461	136,6747	25,192555	<0.000	N/A	11,1916418	10,621654	15,1104056	14,430305
985,01834	29,302446	1395,5189	3,3077771	3510,21	97,908421	<0.000	N/A	9,63229204	17,717135	9,70210742	6,4847292
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	2,65305527	71,680575	9,22458878	16,945146
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	3,16673123	16,88484	6,24426983	11,050993
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	5,0034319	13,499848	9,47523086	21,367878
710,48213	41,05368	1298,04126	62,997734	3436,8188	66,779055	<0.000	N/A	11,4594726	11,961736	8,63722551	16,997397
2016											
94,4620028	4,2017494	95,1941425	0,6506826	93,0857816	1,8939613	92,5931209	1,4847566	92,4039251	0,380138	92,2887918	4,9239911
93,0649009	5,3961253	95,6989646	6,0028603	91,4769255	8,2108607	93,6641134	4,4431917	91,6983153	5,8115587	92,6211184	7,3887212
1000,69905	3,3771911	1000,43491	2,5286772	1000,85922	3,4508289	1000,641	4,2074503	1000,83776	3,4075717	1000,7456	3,5996395
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	1,11370027	109,82793	1,37286466	34,320821
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,01708068	1155,8109	1,32425023	46,366752
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,99847054	30,37076
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,70130555	50,788348
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	2,19925051	18,489229	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	1,13489205	10,054286
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,1612842	280,05563

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017											
79,1416	2,669709	79,87374	0,88136	77,76538	0,361921	77,27272	0,04728	77,08353	1,1519	76,96839	3,391951
91,53286	3,864085	94,16692	4,47082	89,94489	6,678821	92,13207	2,911152	90,16628	4,279519	91,08908	5,856681
999,167	1,845151	998,9029	0,996637	999,3272	1,918789	999,109	2,67541	999,3057	1,875532	999,2136	2,0676
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,41834	108,2959	0,15918	32,78878
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	1,51496	1154,279	0,20779	44,83471
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,53357	28,83872
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,83073	49,25631
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,667211	16,95719	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	0,39715	8,522246
<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	1,37076	278,5236
2015											
140 Ce [No Gas]		166 Er [No Gas]		165 Ho [No Gas]		175 Lu [No Gas]		172 Yb [No Gas]		169 Tm [No Gas]	
Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD
0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A
40310,5161	7,0712548	967,398948	0,7420906	346,571365	1,8731668	112,673305	2,3124412	786,848155	2,6700107	122,946795	1,2187952
41879,4669	6,3518384	1008,04207	2,7040729	362,938316	2,5921275	113,142191	0,9755843	804,494759	4,0606365	122,921046	4,9828458
44843,3547	1,0833116	1044,12166	3,8303755	377,367282	2,4780739	116,396575	2,4860823	819,553165	7,6810222	125,257259	5,9166395
46241,6372	2,4743595	1100,96222	3,0809298	396,33813	1,3384479	119,6757	1,3192605	840,017284	2,0792393	132,251869	4,7264228
41723,1236	4,1871504	927,266364	6,3920922	335,335306	6,3791407	99,3301684	8,6456681	705,40155	6,1036804	109,522444	7,5275472
46182,6757	2,9234342	1127,82047	3,5131307	392,819803	2,5940142	121,451306	3,1322495	869,61265	3,3340689	135,484709	1,3750194
44328,3236	11,201459	1046,43455	9,9757602	376,567029	8,2796811	114,581478	5,8041746	766,96657	9,0736709	125,511212	8,7465064
43949,0454	7,986576	1078,91598	6,6786039	384,326336	4,0787024	122,90234	9,1610472	839,608393	3,4047083	131,26963	8,0766773
32,4393764	6,3249867	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
29,7127741	14,215232	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
23,691793	2,4601587	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
22,405953	8,5441006	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
11,6425359	10,350206	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
11,0869231	6,7399253	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
17,2457285	6,648573	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
31,0907723	8,9730722	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2016											
93,2245953	3,7842164	91,8044242	4,1621505	93,1433788	2,3985263	94,5180367	2,2197238	92,8583643	1,1540788	93,2524594	4,818929
91,6833406	5,5430114	93,4182832	7,0165765	93,1624075	6,179547	93,1593944	4,7190717	93,8438785	7,2530702	93,0200509	9,0644505
1000,83844	4,4779533	1000,66637	3,0825183	1000,69062	5,0768489	1000,68954	3,2347675	1000,62275	1,7545798	1000,70474	4,0423422
88,4413709	5,2461525	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
28,0858793	13,813254	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25,8477864	25,792398	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
51,3705277	3,5505075	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
12,1729841	4,2999606	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
46,3308428	22,180493	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
39,5886857	21,071198	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
2017											
77,9042	2,252176	76,48402	2,630111	77,82298	0,866486	79,19764	0,687684	77,53796	0,37796	77,93206	3,286889
90,1513	4,010971	91,88624	5,484537	91,63037	4,647507	91,62735	3,187032	92,31184	5,72103	91,48801	7,532411
999,3064	2,945913	999,1343	1,550478	999,1586	3,544809	999,1575	1,702728	999,0907	0,22254	999,1727	2,510302
73,12097	3,714113	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
127,6548	12,28121	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
105,2739	24,26036	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
36,05013	2,018468	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
10,64094	2,767921	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
31,01044	20,64845	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
24,26829	19,53916	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A	<0.000	N/A
62,25838	0,720136	61,16362	1,098071	62,50258	0,66555	63,87724	0,84436	62,21756	1,91	62,61166	1,754849

Продовження додатку Д

Присутність хімічних елементів актиноїдної групи у ґрунті та рослинах конопель посівних, 2015-2017 рр.

232 Th [No Gas]		238 U [No Gas]	
Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD
0	N/A	0	N/A
2015			
4533,38796	1,5358839	494,567402	3,9087424
4607,36465	4,2849767	511,066174	2,7190539
5297,33832	8,5182754	557,345908	4,3789904
5227,91771	4,0630464	579,652418	3,5815023
3883,71716	2,8240914	483,262266	2,7114818
5357,15856	5,0418781	577,848768	3,9114341
4656,30738	3,9694755	571,976689	5,0678972
5462,39263	9,228427	619,940038	7,8819569
889,86388	30,467541	<0.000	N/A
184,2	7,899	<0.000	N/A
192,471	8,604	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
722,77223	56,880254	<0.000	N/A
2016			
94,5589424	3,6129488	96,3272741	2,5992044
94,237595	2,9201767	96,5487876	2,5128953
1000,58168	0,8353439	1000,34879	2,7746822
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
2017			
79,23854	2,080909	81,00687	1,067164
92,70556	1,388137	95,01675	0,980855
999,0496	0,6967	998,8168	1,242642
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A
<0.000	N/A	<0.000	N/A

Продовження додатку Д

Накопичення хімічних елементів групи перехідних металів у ґрунті та у рослинах конопель, 2015-2017 рр.

45 Sc (ISTD) [He]		52 Cr [He]		55 Mn [He]		56 Fe [He]		59 Co [He]	
Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD
		0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2015									
		26776,9994	2,2995641	393314,9773	5,8369832	13696669,22	5,9534964	5535,31392	3,6540465
		25985,541	2,1348719	420682,4675	1,6825748	13725013,68	2,5952461	5907,02652	3,8651979
		27120,8066	2,1758857	420720,4495	2,3517749	13542787,22	1,6924059	6092,49037	2,3077796
		26631,6419	1,6574321	376561,2013	4,4314083	13152048,91	4,0908668	5547,58759	1,5867017
		21980,944	1,6562062	352047,4083	1,631552	12071248,16	1,5567899	5465,14513	1,3663732
		27892,808	2,6176606	370168,5695	4,0296885	13688790,41	4,7410002	5727,33632	4,4073897
		24636,7565	1,2062068	379497,8615	3,8133626	12969904,81	2,63222	5750,32475	1,8821511
		27594,1102	2,3151192	392704,9702	2,1100157	13376432,07	1,8210543	5704,42733	5,2591594
		234,368873	3,9389002	41653,41354	0,6071958	26090,97037	0,4774253	21,0702599	5,0216139
		218,752304	9,3206983	49004,02018	4,7087783	26141,76483	3,6404428	12,2163716	19,248083
		258,183392	3,2327618	40566,97849	2,0758298	31888,19967	3,5706109	10,4153664	14,114258
		218,874909	18,331916	31718,17947	13,42475	18749,75934	19,872018	19,0699797	35,056494
		222,397845	5,6831612	21589,05192	1,6760308	18586,84994	4,5059491	13,3298755	30,768851
		89,5126378	3,1478437	29230,16847	3,0382629	14685,35727	2,5861403	11,163397	8,1625736
		242,298933	5,7186633	25237,43036	4,5422854	23471,01076	7,8483633	16,7284332	15,074921
		166,750324	13,073241	26003,04857	2,3792931	21945,99971	6,7409816	9,48155283	19,1944
2016									
		100,452542	3,5847603	100,4401255	5,6616839	91,31830883	3,1289688	101,44412	1,267345
		100,357634	3,2281501	98,41416066	5,1480325	100,6776969	3,8131345	100,695825	5,3918463
		999,963784	3,0368384	1000,158144	1,7291955	999,940912	2,7384695	999,928973	1,016469
		38,2025638	31,286536	88880,85978	2,2944769	111846,842	3,1727231	37,8132063	6,2549825
		26,366471	2,6078776	100757,3342	0,4142051	127810,5019	2,6855001	66,5438828	3,5466683
		24,9061921	4,3491059	73372,17171	3,6340152	112261,9287	4,4527154	41,2240191	21,940788
		27,2318378	25,119868	73021,87194	1,8325467	95804,43922	1,3632213	51,6215847	5,0362766

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		99,1259512	5,4674022	96854,52565	6,0773305	99451,40152	4,0774619	82,0009483	6,3296055
		28,3854046	8,905191	73909,66384	1,4030529	78213,89992	2,7324073	60,3365322	9,7912881
		17,8379067	22,409048	98456,03119	3,2616107	90001,51746	4,1200644	75,5428525	3,9088811
2017									
		85,13214	2,05272	85,11973	4,129644	75,99791	1,596929	86,612372	0,2647
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		98,82559	1,69611	96,88212	3,615993	99,14566	2,281095	99,16379	3,859806
		998,4317	1,504798	998,6261	0,197156	998,4089	1,20643	998,3969	0,51557
		36,67052	29,7545	88879,33	0,762437	111845,3	1,640683	36,28117	4,722943
		24,83443	1,075838	100755,8	1,11783	127809	1,15346	65,01184	2,014628
		23,37415	2,817066	73370,64	2,101975	112260,4	2,920675	39,69198	20,40875
		25,6998	23,58783	73020,34	0,300507	95802,91	0,16882	50,08954	3,504237
		97,59391	3,935362	96852,99	4,545291	99449,87	2,545422	80,46891	4,797566
		26,85336	7,373151	73908,13	0,12899	78212,37	1,200367	58,80449	8,259248
		16,30587	20,87701	98454,5	1,729571	89999,99	2,588024	74,01081	2,376841
60 Ni [He]		63 Cu [He]		66 Zn [He]		107 Ag [No Gas]		111 Cd [No Gas]	
Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD	Conc. [ppm]	Conc. RSD
0	N/A	0	0	N/A	0	0	N/A	0	N/A
2015									
14082,7139	2,2782984	10571,8836	4,6054092	28004,5885	4,1799603	87,3048857	2,7080363	137,553404	3,1740732
14881,5194	3,2246386	10902,9385	4,8983469	28984,1452	3,9300008	79,9730137	2,8933388	130,161127	0,9230527
15155,3659	2,0271169	10940,9571	1,1320282	29068,8824	1,6429043	95,3501604	5,6655398	142,70261	4,0484033
14246,1158	2,2450195	10346,552	1,8203663	27348,9903	2,5748275	114,208457	5,6597104	154,83723	0,7216283
13892,4932	3,6356404	9753,70269	2,1495996	26619,8333	2,4336294	55,6215691	5,9636124	109,982134	3,5353045
15195,8308	5,9821392	11021,0841	4,1832913	29436,2048	3,8656312	105,144236	9,3988265	149,937031	4,9393001
15191,6074	2,8557091	11000,5164	1,9757038	27738,1802	0,3814125	64,1572093	8,9322417	122,020239	7,8403867
15041,7938	5,398272	10931,3909	3,0153152	28090,3825	3,2774836	108,136406	7,568116	154,319542	7,1829858
2558,73368	2,3464935	2153,22301	2,708624	7314,39382	0,8420708	12,9006594	3,3936257	37,6969624	5,4172713
1175,87876	0,7285433	1447,02888	6,2097259	7102,64454	5,9142759	11,3157028	9,2173275	31,1744674	7,7781227

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1913,23845	3,451743	3714,18024	2,9130575	8982,27165	2,40548	9,56391294	15,412346	45,4061031	7,753345
879,85622	21,187153	1416,11946	14,334409	2856,29011	18,006783	6,34562985	12,639314	23,635507	10,784309
1571,8889	7,3659488	1792,15628	6,6887404	6499,32057	7,5335145	5,81721633	13,001938	12,5526582	3,0304751
690,969034	5,5332995	1138,78247	6,7238745	2208,86467	6,4037882	5,14487239	16,584311	12,3768069	5,9856383
1761,61861	3,9915159	1838,23574	2,8673987	6912,26401	4,7888524	5,22494393	13,402767	18,1639465	14,992737
639,567402	3,330145	1199,99315	3,7650614	2446,10342	2,8966032	5,38296867	9,5182935	25,6128518	4,392107
2016									
995,164514	1,1467975	101,360498	2,5653155	99,9680744	7,4503261	94,6346339	3,8187819	96,3957006	2,3104904
99,8619866	2,5543659	101,508561	3,060341	101,126382	1,7566735	92,9784922	6,1206832	93,2994252	7,6022658
1000,01428	2,568654	999,847783	2,3526408	999,887394	2,3006585	1000,70752	4,9375529	1000,67366	1,5407044
5223,56883	5,5857311	17790,6476	3,5007418	65685,611	3,1202105	24,2104811	3,388112	24,0235873	4,4285502
6087,76014	3,2620001	13658,0782	3,7306502	65382,7224	2,2326933	11,4235294	11,830877	76,3123215	6,0151247
5024,74347	4,7756525	13864,2504	4,2916195	53142,1114	5,9953726	16,1408806	3,1351207	25,4935162	8,5477324
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3819,7891	1,0883906	12567,2346	0,8074511	45011,2573	0,4262567	17,1665449	4,5065784	26,8989513	8,4485996
4642,46965	4,5096758	10971,9416	3,4018944	55419,317	1,3300084	10,4341729	9,2872973	36,0397651	0,9971487
4445,44699	2,8594674	12417,6134	3,6476407	48961,9021	4,0893447	11,2416698	6,2548166	44,6192237	5,3224582
4775,1324	2,3675316	10440,7905	0,6634771	62312,2687	4,5713538	15,6620008	5,0578984	49,0439361	8,3613988
2017									
84,19605	0,38524	86,0401	1,033276	84,64767	5,918286	79,31423	2,286742	81,0753	0,77845
98,32995	1,022326	99,97652	1,528301	99,59434	0,224634	91,44645	4,588643	91,76739	6,070226
998,4822	1,036614	998,3157	0,820601	998,3554	0,768619	999,1755	3,405513	999,1416	0,008664
5222,037	4,053691	17789,12	1,968702	65684,08	1,588171	22,67844	1,856072	22,49155	2,89651
6086,228	1,72996	13656,55	2,19861	65381,19	0,700653	9,891489	10,29884	74,78028	4,483085
5023,211	3,243613	13862,72	2,75958	53140,58	4,463333	14,60884	1,603081	23,96148	7,015692
3818,257	0,44365	12565,7	0,72459	45009,73	1,10578	15,6345	2,974538	25,36691	6,91656
4640,938	2,977636	10970,41	1,869854	55417,78	0,20203	8,902133	7,755257	34,50773	0,53489
4443,915	1,327427	12416,08	2,115601	48960,37	2,557305	9,70963	4,722777	43,08718	3,790418
4773,6	0,835492	10439,26	0,86856	62310,74	3,039314	14,12996	3,525858	47,5119	6,829359

Продовження додатку Д

Вміст хімічних елементів групи лужних металів у ґрунті та акумуляція їх до рослин конопель

85 Rb [No Gas]		23 Na [He]		39 K [He]		133 Cs [No Gas]	
Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD
0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A
85 Rb [No Gas]		23 Na [He]		39 K [He]		133 Cs [No Gas]	
2015							
27764,997	1,9096683	101964,1528	4,8309811	3280439,152	4,3347647	1459,31663	5,0418739
26699,953	1,9856981	99859,7965	4,6633962	3297945,698	0,5106101	1418,82567	2,4380332
29383,7905	4,5941071	104167,7329	2,6672357	3512094,295	0,0745171	1564,0452	3,3175976
28625,8252	2,8119999	103493,436	1,983391	3456929,477	2,2908436	1550,867	5,0597634
22933,7063	1,1676456	63484,11314	3,8733805	2670816,012	1,2572159	1248,14135	4,3810552
29113,5521	7,502041	110072,9263	4,3517689	3639830,811	0,5296107	1589,81564	2,5015548
26857,9982	12,057661	82614,21099	6,3873502	2886690,393	0,5514548	1444,76894	10,91368
28873,8523	5,8840539	103126,0537	4,5023521	3546235,552	2,6939509	1528,1094	2,0956337
4021,3168	4,2890595	6558,98442	8,149636	6192480,293	2,0738031	8,9024001	5,2653674
3663,92695	9,1722157	32262,47704	12,764012	4593001,753	4,4133164	7,75215832	19,763264
3484,35506	6,7901888	7684,235469	1,6907438	6647560,749	2,2604234	7,83700855	13,419882
2656,27812	7,1156227	46873,34131	16,677552	4381014,741	12,291032	4,80705786	20,141874
3552,58694	2,4719588	7024,988991	13,341795	6324912,036	0,5221591	5,29132312	14,322586
2661,83518	7,8268098	44037,09418	2,4378196	4109643,194	1,0297348	3,78844063	23,670994
3490,80135	6,8031718	12961,81066	11,1878	6381815,793	0,332165	5,5998349	11,656696
2577,82809	4,3597285	44852,60674	1,8179095	4660633,68	1,276784	3,58918977	23,175685

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5	6	7	8
2016							
95,9278237	2,6606603	105,9434487	4,5373964	<0.000	N/A	94,4767178	3,7749843
91,0501622	2,6687727	106,1207514	2,7837877	103,5335443	40,975288	90,8380977	6,8109772
1000,89906	4,2911225	999,3819814	1,8719009	999,8266039	3,072708	1000,92171	1,1036255
9689,59753	7,5318652	9991,827886	11,887175	12219659,25	2,6056508	56,240356	7,5870451
8691,46682	6,8850308	5693,077832	10,58441	8373177,827	3,6827111	46,7783804	2,4563298
8120,03753	2,3882439	6854,904514	6,9385406	12655722,94	5,5931942	46,9680554	6,7511367
9904,40027	5,0346889	4858,14726	3,1703082	12537981,86	2,7992318	33,9374408	4,882934
7026,1749	4,7245903	4819,637393	5,7843195	7339441,331	3,5692467	26,4455327	3,283702
7966,82118	1,8509174	4195,141006	7,1088131	11770332,3	2,8426985	26,9472178	3,8511465
5973,52123	4,8483641	2984,494913	12,535234	7112359,169	2,1004191	23,4729906	6,142785
2017							
1	2	3	4	5	6	7	8
80,60742	1,12862	90,62305	3,005356	<0.000	N/A	79,15632	2,242944
89,51812	1,136733	104,5887	1,251748	102,0015	3,944325	89,30606	5,278937
999,367	2,759083	997,8499	0,339861	998,2946	1,540668	999,3897	0,42841
9688,065	5,999825	9990,296	10,35514	1221,9658	1,073611	54,70832	6,055005
8689,935	5,352991	5691,546	9,05237	837,3176	2,150671	45,24634	0,92429
8118,505	0,856204	6853,372	5,406501	1265,5721	4,061154	45,43602	5,219097
9902,868	3,502649	4856,615	1,638268	1253,7980	1,267192	32,4054	3,350894
7024,643	3,19255	4818,105	4,25228	733,9440	2,037207	24,91349	1,751662
7965,289	0,318877	4193,609	5,576773	1177,0331	1,310659	25,41518	2,319107
5971,989	3,316324	2982,963	11,00319	711,2358	0,568379	21,94095	4,610745

Продовження додатку Д

Вміст хімічних елементів групи напівметалів у ґрунті та рослинах конопель, 2015-2017 рр.

11 B [No Gas]		75 As [He]	
Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD
0	N/A	0	N/A
1	2	3	4
2015			
12773,4898	3,6821295	4336,80329	3,0498525
10170,0364	1,7087161	4859,91629	4,2385908
10408,8682	4,0570615	4564,33276	1,0476568
10085,3456	4,0502007	4211,19816	4,5302306
8562,7533	0,5447206	4044,56022	4,2361446
10495,2498	3,8584728	4531,53864	2,2392764
8752,33119	2,8054436	4370,39411	1,9603925
10373,6739	5,2423418	4289,49488	2,0231285
7450,77328	2,0058488	1222,06399	18,791445
7987,30835	8,8091358	899,731063	65,716315
8607,89859	3,2370886	1020,20266	68,760986
7111,96784	9,3689634	4182,22526	34,35084
6743,1217	3,045842	2865,07484	100,5544
6403,34178	9,6212297	761,949731	60,958746
6375,78738	5,7792992	973,237948	27,784588
7573,35527	5,3794118	1012,6047	20,160774
2016			
95,9672569	4,3712113	97,77816401	5,4075724
96,4682248	8,8962721	100,013598	2,8153638
1000,35721	2,7917543	1000,00086	1,6294172
15992,8236	9,2959514	15,5279035	25,753514
13836,0151	1,2297208	7,75966839	16,352919
10636,1345	5,7146113	6,7923072	27,370825
9401,0425	0,9859571	5,8159271	85,215434
11185,0594	3,1450054	4,07751199	96,480275
9745,99506	3,2833827	4,78389728	16,813318
12205,7886	4,7570374	6,37392877	26,051428
2017			
806,4686	2,839171	824,6124	3,875532
949,3618	7,364232	98,48156	1,283324
998,8252	1,259714	998,4688	0,097377
15991,29	7,763911	139,9586	24,22147
13834,48	0,30232	62,27628	14,82088
10634,6	4,182571	526,0267	25,83879
9399,51	0,54608	428,3887	83,68339
11183,53	1,612965	254,5472	94,94824
9744,463	1,751343	325,1857	15,28128
12204,26	3,224997	484,1889	24,51939

Продовження додатку Д

Концентрація неорганічних елементів і їх сполук у ґрунті та у рослинах конопель посівних

27 Al [He]		31 P [He]		69 Ga [No Gas]		139 La [No Gas]		205 Tl [No Gas]		207 Pb [No Gas]		78 Se [No Gas]	
Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD	Conc. [ppt]	Conc. RSD
0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0	N/A
2015													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18165540,1	5,519738	607714,278	6,222551	7914,8173	3,310949	20549,542	4,137092	138,60107	2,510149	6948,9380	2,761195	196,7802	50,8643
18167095,6	4,873311	704355,241	8,021068	7540,7696	4,077013	20817,784	5,079819	139,51345	2,745650	7245,5855	3,474829	243,2306	23,8594
18565723,7	3,057827	688980,148	2,966942	8214,9402	3,263225	22208,174	1,580343	145,86253	5,399128	7781,2888	7,685373	192,4500	54,5347
18181739,	3,723141	632307,358	1,070483	7686,8633	5,565862	23468,226	3,215520	150,39802	1,459781	6984,0125	2,045492	195,8131	15,3179
14813136,3	2,579713	621066,429	2,759847	6281,1939	1,130734	20658,233	3,537511	119,53408	3,532772	6915,7500	5,594709	174,0379	38,4155
18601007,7	2,208594	656785,063	4,783701	7762,1847	4,871323	23363,366	5,189399	155,39063	2,123693	7439,3780	2,666388	209,7514	29,8534
16624374,5	3,997070	572821,185	2,697406	7156,4566	2,960249	21873,270	8,675509	141,8203	9,244511	7491,3481	5,677122	269,7570	34,0333
17957793,4	3,790555	653554,970	2,301338	7890,5431	7,972798	21842,472	6,726836	160,83913	6,825946	7701,6921	5,308054	203,3169	25,2887
7776,36295	1,997691	833484,404	6,870742	224,70613	5,819349	33,454562	5,880894	159,81179	8,698285	149,24536	7,896751	<0.000	N/A
11273,1456	7,395253	221689,182	15,37117	318,78065	10,90005	36,714709	10,00532	142,34762	17,77269	262,81352	8,935841	<0.000	N/A
10927,7520	5,699066	1164767,70	4,414339	280,45140	6,372461	27,003006	10,05664	139,64969	7,162342	223,15955	6,711692	<0.000	N/A
6956,78172	2,242089	216468,496	16,06933	194,73025	1,587713	24,978771	9,177324	116,04270	3,665691	119,16505	7,930138	<0.000	N/A
5096,87332	20,97371	983968,700	4,211428	186,55687	3,283116	8,4530428	9,108023	84,087928	9,103654	815,28631	11,42349	<0.000	N/A
5890,86732	15,74326	175124,204	8,936835	155,35012	10,06258	8,3611487	5,910622	34,812083	13,18924	881,12676	10,82771	<0.000	N/A
8694,69869	5,490277	779614,472	4,389859	184,26549	3,460006	12,143973	4,805154	92,643899	8,134320	184,20006	7,898994	<0.000	N/A
14838,3533	8,421606	194159,770	8,516717	202,06256	2,594796	20,134461	7,292410	37,090294	12,80046	192,47083	8,604455	<0.000	N/A
2016													
86,4380059	13,38759	115,544502	44,16179	98,847096	5,409616	93,203862	1,801849	96,876070	2,391196	91,821062	3,407652	87,09047	8,09734
97,1654669	2,365497	69,1930807	29,09299	96,617496	4,486885	91,384001	5,982663	92,792510	4,747515	94,152945	6,752808	94,76833	7,03262
1000,29701	5,945614	1003,06514	5,041522	1000,3394	3,752871	1000,8684	2,259753	1000,7238	6,312849	1000,5928	1,274849	1000,536	4,42232
6021,79905	0,841653	8209601,77	6,504743	65,251049	1,514679	52,555239	17,85071	28,454607	5,355784	418,40343	6,509762	32,62327	67,3627
7891,51519	13,86946	9355094,35	4,206765	63,119251	11,04474	10,866843	14,70037	36,851904	7,981122	317,45256	4,319044	252,3241	6,46098
6310,23884	11,44400	8226614,37	6,921193	58,258111	7,185598	11,604605	3,287840	21,638022	4,665960	277,50389	5,643175	122,1364	4,76227
4104,78385	10,19719	6356694,04	3,749164	55,238426	0,895382	16,361981	14,04910	18,995189	6,779922	304,32908	2,763434	260,6941	3,55484
7398,14125	2,931658	7783511,20	2,901809	40,742123	10,69777	48,080557	9,970628	23,608799	5,030235	389,74396	6,168579	46,75479	1,82048
3862,93756	11,19045	6769438,59	0,906804	54,563836	5,611831	129,73229	3,484751	18,742012	6,979516	467,08649	7,312285	<0.000	N/A
3453,86745	27,29856	7984797,6	3,866176	41,767069	9,954198	80,205406	2,309906	17,275112	1,228462	497,09121	7,958744	<0.000	N/A

Продовження додатку Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2017													
71,111761	11,85556	100,2241	4,400859	83,5267	3,877576	77,88346	0,269809	81,55567	0,859157	76,50066	1,875612	71,77008	6,56531
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
95,63343	0,833457	67,66104	27,56096	95,08546	2,954846	89,85196	4,450624	91,26047	3,215475	92,62091	5,220768	93,2363	5,50058
998,765	4,413575	1001,533	3,509483	998,8074	2,220831	999,3364	0,727714	999,1918	4,780809	999,0608	0,25719	999,004	2,89028
6020,267	0,69039	820,9600	4,972704	63,71901	0,01736	37,23484	16,31868	26,92257	3,823745	416,8714	4,977723	31,09123	6,58306
7889,983	12,33743	935,5093	2,674725	61,58721	9,512706	44,536	13,16833	35,31986	6,449082	315,9205	2,787008	250,7921	4,92894
6308,707	9,911964	822,6613	5,389154	56,72607	5,653558	37,158	3,134636	20,10598	3,133921	275,9719	4,111135	120,6045	4,60906
4103,252	8,66515	635,6693	2,217125	53,70639	0,63666	104,158	12,51707	17,46315	5,247882	302,797	1,231395	24,53738	3,53952
7396,609	1,399618	778,3510	1,369769	39,21008	9,165733	32,76016	8,438589	22,07676	3,498196	388,2119	4,63654	45,22275	1,80516
3861,406	9,658415	676,9437	0,62524	53,0318	4,079791	23,472	3,331548	17,20997	5,447476	465,5545	5,780245	<0.000	N/A
3452,335	25,76652	798,4796	2,334136	40,23503	8,422159	72,999	2,156702	15,74307	1,075258	495,5592	6,426704	<0.000	N/A

Продовження додатку Д



А



Б

Визначення структури урожаю насіння (А) та якості соломи конопель (Б), листопад 2017 року

Додаток Е

Дані для розрахунків економічної ефективності (станом на липень 2020 року)

Технологічна карта вирощування конопель посівних на товарне насіння

№ з/п	Найменування робіт	Строки виконання	Один. виміру	Обсяг робіт у фіз. од.	Технічні засоби для виконання робіт	
1	Лущення стерні	III декада липня	га	100	МТЗ-892	ПН-2,0
2	Оранка	III декада вересня	га	100	МТЗ-892	ПЛН-3-35
3	Закриття вологи	III декада березня	га	100	МТЗ-892	БЗТС-1
4	Культивація	I декада квітня	га	100	МТЗ-892	КПН-4,0
5	Передпосівна культивація	III декада квітня	га	100	МТЗ-892	КПН-4,0
6	Протруєння насіння	III декада квітня	т	1,00	ПНШ-3	
7	Навантаження насіння	III декада квітня	т	1,00	вручну	
8	Підвезення насіння до сівалки	III декада квітня	**год.**	**0,5**	Т-25	
9	Завантаження насіння у сівалку	III декада квітня	т	1	вручну	
10	Навантаження міндобрив	III декада квітня	т	10	вручну	
11	Підвезення міндобрив до сівалки	III декада квітня	**год.**	**5**	Т-25	
12	Завантаження міндобрив у сівалку	III декада квітня	т	10	вручну	
13	Сівба з внесенням міндобрив	III декада квітня	га	100	МТЗ-892	СО-4,2
14	Підвезення води	III декада квітня	га	100	МТЗ-893	Бочка
15	Приготування розчину, заправлення та обслуговування обприскувача	III декада квітня	га	100	вручну	
16	Внесення грунтового гербіциду	III декада квітня	га	100	МТЗ-892	ОП-2000
17	Прикочування посівів	III декада квітня	га	100	МТЗ-892	КЗК-6
18	Підвезення води	III декада квітня	га	100	МТЗ-893	Бочка
19	Приготування розчину, заправлення та обслуговування обприскувача	II декада травня	га	100	вручну	
20	Внесення граміниціду	II декада травня	га	100	МТЗ-892	
21	I міжрядний обробіток	III декада травня	га	100	МТЗ-892	КРНВ 4,2
22	II міжрядний обробіток	I декада червня	га	100	МТЗ-892	КРНВ 4,2
23	Збирання (пряме комбайнування)	II декада вересня	га	100	ДОН 1500	
24	Відвезення зерна від комбайна	II декада вересня	год.	70	МТЗ-892	ПТС-4
25	Первинна очистка	II декада вересня	т	185	СМ-4,0	
26	Транспортування зерна	II декада вересня	т	167	Послуги сторонніх організацій сторонніх організацій	
27	Сушіння	II декада вересня	т	167		
28	Відвезення насіння до зерносховища	III декада вересня	т	158		
ВСЬОГО (на товарне насіння)						
29	Прикочування стебел	II-III дек. квітня	га	100	МТЗ-892	Котки
30	Формування валків	II-III дек. квітня	га	100	МТЗ-892	ГВР-6Р
31	Тюкування соломи	II-III дек. квітня	га	100	МТЗ-892	ПРП-1,6
32	Навантаження рулонів	II-III дек. квітня	т	537	Послуги сторонніх організацій сторонніх організацій	
33	Транспортування рулонів	II-III дек. квітня	т	537		
34	Розвантажування рулонів	II-III дек. квітня	т	537		
ВСЬОГО (на солому)						

Продовження додатку Е

№ з/п	Найменування робіт	Змінна норма виробітку	Кількість змін	Час зміни, год.	Обсл. персонал, чол.	Витрати основних виробничих ресурсів			
						Затрати праці		Дизельне пальне	
						люд-год	грн	л	грн
1	Лущення стерні	11,5	8,7	8,0	1,0	69,6	3510,0	700,0	17500,0
2	Оранка	4,4	22,9	8,0	1,0	183,1	9153,3	2010,0	50250,0
3	Закриття вологи	27,6	3,6	8,0	1,0	29,0	1449,3	320,0	8000,0
4	Культивація	14,5	6,9	8,0	1,0	55,2	2758,6	600,0	15000,0
5	Передпосівна культивація	14,5	6,9	8,0	1,0	55,2	2758,6	600,0	15000,0
6	Протруєння насіння	0,6	1,8	6,0	3,0	32,7	3272,7		
7	Навантаження насіння	6,0	0,2	8,0	1,0	1,3	72,0		
8	Підвезення насіння до сівалки	8,0	0,1	8,0	1,0	0,5	25,0	2,0	50,0
9	Завантаження насіння у сівалку	6,0	0,2	8,0	1,0	1,3	72,0		
10	Навантаження міндобрив	6,0	1,7	8,0	1,0	13,3	666,7		
11	Підвезення міндобрив до сівалки	8,0	0,6	8,0	1,0	5,0	250,0	20,0	500,0
12	Завантаження міндобрив у сівалку	6,0	1,7	8,0	1,0	13,3	666,7		
13	Сівба з внесенням міндобрив	14,0	7,1	8,0	1,0	57,1	3714,3	420,0	10500,0
14	Підвезення води	48,0	2,1	6,0	1,0	12,5	625,0	85,0	2125,0
15	Приготування розчину, заправлення та обслуговування обприскувача	48,0	2,1	6,0	1,0	12,5	625,0		
16	Внесення грунтового гербіциду	48,0	2,1	6,0	1,0	12,5	1250,0	150,0	3750,0
17	Прикочування посівів	24,0	4,2	8,0	1,0	33,3	1666,7	190,0	4750,0
18	Підвезення води	48,0	2,1	6,0	1,0	12,5	625,0	85,0	2125,0
19	Приготування розчину, заправлення та обслуговування обприскувача	48,0	2,1	6,0	1,0	12,5	625,0		
20	Внесення граміниціду	48,0	2,1	6,0	1,0	12,5	1250,0	150,0	3750,0
21	І міжрядний обробіток	11,2	8,9	8,0	1,0	71,4	5357,1	320,0	8000,0
22	ІІ міжрядний обробіток	11,2	8,9	8,0	1,0	71,4	5357,1	320,0	8000,0
23	Збирання (пряме комбайнування)	12,0	8,3	8,0	2,0	133,3	10000,	1500,0	37500,0
24	Відвезення зерна від комбайна	8,0	8,8	8,0	1,0	70,0	3500,0	350,0	8750,0
25	Первинна очистка	32,0	5,8	8,0	2,0	92,5	4625,0		
26	Транспортування зерна	Послуги сторонніх організацій							
27	Сушіння								
28	Відвезення насіння до зерносховища								
ВСЬОГО (на товарне насіння)						**1063,7**	**63875,1**	**7822,0**	**195550,0**
29	Прикочування стебел	24,0	4,2	8,0	1,0	33,3	1666,7	190,0	4750,0
30	Формування валків	14,0	7,1	8,0	1,0	57,1	2857,1	900,0	22500,0
31	Тюкування соломи	5,0	20,0	8,0	1,0	160,0	11200,0	1000,0	25000,0
32	Навантаження рулонів	Послуги сторонніх організацій							
33	Транспортування рулонів								
34	Розвантажування рулонів								
ВСЬОГО (на солому)						**250,5**	**15723,8**	**2090,0**	**52250,0**
РАЗОМ						**2628,2**	**79598,9**	**9912,0**	**247800**

Продовження додатку Е

№ з/п	Найменування робіт	Витрати основних виробничих ресурсів								Всього
		Мін.добрива		Насіння		ЗЗР		Електроенергія		
		кг	грн	кг	грн	л	грн	КВт/год	грн	
1	Лущення стерні									21010,0
2	Оранка									59403,3
3	Закриття вологи									9449,3
4	Культивація									17758,6
5	Передпосівна культивація									17758,6
6	Протруєння насіння					3,5	1850,0			5122,7
7	Навантаження насіння									72,0
8	Підвезення насіння до сівалки									75,0
9	Завантаження насіння у сівалку									72,0
10	Навантаження міндобрив									666,7
11	Підвезення міндобрив до сівалки									750,0
12	Завантаження міндобрив у сівалку									666,7
13	Сівба з внесенням міндобрив	10000,0	130000,0	10000,0	90000,0					234214,3
14	Підвезення води									2750,0
15	Приготування розчину, заправлення та обслуговування обприскувача									625,0
16	Внесення грунтового гербіциду					200,0	44000,0			49000,0
17	Прикочування посівів									6416,7
18	Підвезення води									2750,0
19	Приготування розчину, заправлення та обслуговування обприскувача									625,0
20	Внесення граміциду					80,0	24800,0			29800,0
21	І міжрядний обробіток									13357,1
22	ІІ міжрядний обробіток									13357,1
23	Збирання (пряме комбайнування)									47500,0
24	Відвезення зерна від комбайна									12250,0
25	Первинна очистка							250,2	925,7	5550,7
26	Транспортування зерна	Послуги сторонніх організацій								15800,0
27	Сушіння									70560,0
28	Відвезення насіння до зерносховища									14950,0
ВСЬОГО (на товарне насіння)		**10000,0**	**130000,0**	**1000,0**	**90000,0**	**283,5**	**70650,0**	**250,2**	**925,7**	**652310,9**
29	Прикочування стебел									6416,7
30	Формування валків									25357,1
31	Тюкування соломи									36200,0
32	Навантаження рулонів	Послуги сторонніх організацій								16400,0
33	Транспортування рулонів									74572,0
34	Розвантажування рулонів									16400,0
ВСЬОГО (на солому)		**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**175345,8**
РАЗОМ		**10000,0**	**130000,0**	**1000,0**	**90000,0**	**283,5**	**70650,0**	**250,2**	**925,7**	**827656,7**

Продовження додатку Е

Витрати на 1 га (товарне насіння)

Стаття витрат	**Кількість**	**Сума, грн**
Заробітна плата, люд./год.	13,1	638,8
Нарахування на з/п (22,0%)		140,5
Дизпаливо , л	99,1	1955,5
Міндобрива, кг	100,0	1300,0
Насіння конопель, кг	10,0	900,0
ЗЗР, л	2,8	706,5
Ел. Енер., кВт./год.	2,5	9,3
Поточний ремонт та запасні частини		800,0
Амортизація		680,0
Послуги сторонніх організацій		1013,1
Аренда землі		2500,0
Всього прямі		10643,6
Накладні		3193,1
Всього витрат		**13836,7**

Витрати на 1 га (солома)

Стаття витрат	**Кількість**	**Сума, грн**
Заробітна плата,люд./год.	2,5	157,2
Нарахування на з/п (22,0%)		34,6
Дизпаливо , л	20,9	522,5
Поточний ремонт та запасні частини		250,0
Амортизація		212,5
Послуги сторонніх організацій		1073,7
Всього прямі		2250,6
Накладні		675,2
Всього витрат		**2925,7**

Продовження додатку Е

Технологічна карта монокультури конопель при вирощуванні на зеленець

№ з/п	Найменування робіт	Строки виконання	Одиниця виміру	Обсяг робіт у фіз. од.	Технічні засоби для виконання робіт		Змінна норма виробітку	Кількість змін	Час зміни, год.	Обслуг. персонал,чол.
1	Оранка	I-II декада жовтня	га	100	МТЗ-82	ПЛН-3-35	4,4	22,9	8,0	1,0
2	Закриття вологи	I декада квітня	га	100	МТЗ-82	БЗТС-1	27,6	3,6	8,0	1,0
4	Передпосівна культивація	II-III декади квітня	га	100	МТЗ-82	КПН-4,0	14,5	6,9	8,0	1,0
5	Навантаження насіння	II-III декади квітня	т	8,00	вручну		6,0	1,3	8,0	1,0
6	Підвезення насіння до сівалки	II-III декади квітня	год	4	Т-25		8,0	0,5	8,0	1,0
7	Завантаження насіння у сівалку	II-III декади квітня	т	8	вручну		6,0	1,3	8,0	1,0
8	Посів	II-III декади квітня	га	100	МТЗ-82	сз 3,6	13,5	7,4	8,0	2,0
9	Прикочування посіву	II-III декади квітня	га	100	МТЗ-82	КЗК-6	24,0	4,2	8,0	1,0
10	Скошування зі зв'язуванням	I-II декада серпня	га	100	МТЗ 82	ЖКС 1,9	5,0	20,0	8,0	1,0
11	Піднімання снопів	I-II декада серпня	га	100	вручну		0,5	20,0	8,0	10,0
12	Навантаження соломи	I декада вересня	т	330	Послуги сторонніх організацій					
13	Транспортування соломи	I декада вересня	т	330						
14	Розвантажування соломи	I декада вересня	т	330						
ВСЬОГО										

Продовження додатку Е

№ з/п	Найменування робіт	Витрати основних виробничих ресурсів						
		Витрати праці		Дизельне пальне		Насіння		Всього
		люд-год	грн	л	грн	кг	грн	
1	Оранка	183,1	9153,3	2010,0	180900,0			190053,3
2	Закриття вологи	29,0	1449,3	320,0	28800,0			30249,3
4	Передпосівна культивація	55,2	2758,6	600,0	54000,0			56758,6
5	Навантаження насіння	10,7	533,3					533,3
6	Підвезення насіння до сівалки	4,0	200,0	8,0	720,0			920,0
7	Завантаження насіння у сівалку	10,7	533,3					533,3
8	Посів	118,5	7703,7	420,0	37800,0	8000,0	720000,0	765503,7
9	Прикочування посіву	33,3	1666,7	190,0	17100,0			18766,7
10	Скошування зі зв'язуванням	160,0	8000,0	650,0	58500,0			66500,0
11	Піднімання снопів	1600,0	64000,0					64000,0
12	Навантаження соломи	Послуги сторонніх організацій						6800,0
13	Транспортування соломи							39572,0
14	Розвантажування соломи							6800,0
ВСЬОГО		**2204,4**	**95998,3**	**4198,0**	**377820,0**	**8000,0**	**720000,0**	**1246990,3**

Продовження додатку Е

Витрати на 1 га (солома)

Стаття витрат	**Кількість**	**Сума, грн**
Заробітна плата,люд./год.	22,0	960,0
Нарахування на з/п (22,0%)		211,2
Дизпаливо , л	42,0	3778,2
Насіння конопель, кг	80,0	7200,0
Поточний ремонт та запасні частини		500,0
Амортизація		425,0
Послуги сторонніх організацій		531,7
Аренда землі		2500,0
Всього прямі		16106,1
Накладні		3221,2
Всього витрат		**19327,3**

Продовження додатку Е

Технологічна карта вирощування конопель посівних

на двобічне використання

№ з/п	Найменування робіт	Строки виконання	Одиниця виміру	Обсяг робіт у фіз. од.	Технічні засоби для виконання робіт
1	Дискування стерні	III декада вересня	га	100	New Holand+Greegor Besson
2	Навантаження міндобрив в трансп. засоби	II декада квітня	т	30	Monity
3	Транспортування в поле міндобрив	II декада квітня	т	30	МТЗ-82+2ПТС-4
4	Внесення добрив	II декада квітня	га	100	Т -150+ SYLKI 30 м
5	Культивація	III декада квітня	га	100	New Holland + Tiger 6 LT
6	Навантаження насіння	III декада квітня	т	5	Monity
7	Підвезення насіння до сівалки	III декада квітня	т	5	МТЗ-82+2ПТС-4
8	Завантаження насіння в сівалку	III декада квітня	т	5	Monity
9	Посів	III декада квітня	га	100	CASE +Херш
10	Підвезення води та приготування розчину	I декада травня	га	100	МТЗ-82+бочка
11	Внесення грунтового гербіциду	I декада травня	га	100	Слобожанец 1221+Berthoud 400
12	Збирання насіння	II декада вересня	га	100	КЕЙС
13	Перевезення насіння	II декада вересня	т	150	ХТА-200
14	Первинна очистка	II декада вересня	т	150	ОВС-25
15	Сушіння	II декада вересня	т	132	
16	Перевезення насіння до місця зберігання	II декада вересня	т	120	ХТА-200
Всього (на товарне насіння)					
17	Прикотковування стебел та формування валків	II-III декади квітня	га	100	МТЗ-82 +котки; МТЗ-82+Граблі-ворошилки ГВР-6Р
18	Обертання соломи	III декади квітня	га	100	обертач
19	Тюкування конопляної соломи	III декади квітня	га	100	Прес Рено
20	Навантаження рулонів на транспортні засоби	квітень-травень	т	700	Monity
21	Транспортування рулонів до місця зберігання	квітень-травень	т	700	ХТА-200+Тюковоз
22	Розвантаження рулонів	квітень-травень	т	700	Monity
Всього (на солому)					

Продовження додатку Е

№ з/п	Найменування робіт	Змінна норма виробітку	Кількість змін	Час зміни, год.	Обслуг. персонал, чол.	Послуги сторонніх організ.
1	Дискування стерні	22	4,5	8,0	1,0	
2	Навантаження міндобрив в транспортні засоби	36	0,8	8,0	1,0	
3	Транспортування в поле міндобрив	16	1,9	8,0	1,0	
4	Внесення мінеральних добрив	100	1,0	8,0	1,0	
5	Культивація	25	4,0	8,0	1,0	
6	Навантаження насіння	36	0,1	8,0	4,0	
7	Підвезення насіння до сівалки	16	0,3	8,0	1,0	
8	Завантаження насіння в сівалку	36	0,1	8,0	4,0	
9	Посів	38	2,6	8,0	2,0	
10	Підвезення води та приготування розчину	80	1,3	6,0	1,0	
11	Внесення грунтового гербіциду	80	1,3	6,0	1,0	
12	Збирання насіння	15	6,7	8,0	2,0	
13	Перевезення насіння	80	1,9	8,0	1,0	
14	Первинна очистка	80	1,9	8,0	2,0	
15	Сушіння					85000,0
16	Перевезення насіння до місця зберігання	80	1,5	8,0	1,0	
ВСЬОГО (на товарне насіння)						**85000,0**
17	Прикотковування стебел та формування валків	14	7,1	8	1	
18	Обертання соломи	6	16,7	8	1	
19	Тюкування конопляної соломи	4	25,0	8	1	
20	Навантаження рулонів на транспортні засоби	36	19,4	8	1	
21	Транспортування рулонів до місця зберігання	18	38,9	8	1	
22	Розвантаження рулонів	36	19,4	8	1	
ВСЬОГО (на солому)						**0,0**
РАЗОМ		**818,0**	**156,5**	**156,0**	**29,0**	**85000,0**

Продовження додатку Е

№ з/п	Найменування робіт	Витрати основних виробничих ресурсів					
		Витрати праці		Дизельне пальне		Мінеральні добрива	
		люд-год	грн	л	грн	кг	грн
1	Дискування стерні	36,4	3857,8	1200,0	30000,0		
2	Навантаження міндобрив в транспортні засоби	6,7	556,4	20,0	500,0		
3	Транспортування в поле міндобрив	15,0	1253,7	82,5	2062,5		
4	Внесення мінеральних добрив	8,0	817,4	90,0	2250,0	30000,0	390000,0
5	Культивація	32,0	3865,9	700,0	17500,0		
6	Навантаження насіння	4,4	92,8	2,6	65,0		
7	Підвезення насіння до сівалки	2,5	278,5	14,0	350,0		
8	Завантаження насіння в сівалку	4,4	1003,1	2,6	65,0		
9	Посів	42,1	3048,5	850,0	21250,0		
10	Підвезення води та приготування розчину	7,5	126,6	15,0	375,0		
11	Внесення грунтового гербіциду	7,5	817,4	110,0	2750,0		
12	Збирання насіння	106,7	43900,8	1500,0	37500,0		
13	Перевезення насіння	15,0	1379,0	100,0	2500,0		
14	Первинна очистка	30,0	1081,2				
15	Сушіння						
16	Перевезення насіння до місця зберігання	12,0	1169,0	80,0	2000,0		
ВСЬОГО (на товарне насіння)		**330,2**	**63248,2**	**4766,7**	**119167,5**	**30000,0**	**390000,0**
17	Прикотковування стебел та формування валків	57,1	48000,0	800,0	20000,0		
18	Обертання соломи	133,3	36000,0	600,0	15000,0		
19	Тюкування конопляної соломи	200,0	19729,0	1000,0	25000,0		
20	Навантаження рулонів на транспортні засоби	155,6	15069,1	461,0	11525,0		
21	Транспортування рулонів до місця зберігання	311,1	41171,6	2100,0	52500,0		
22	Розвантаження рулонів	155,6	15069,1	461,0	11525,0		
ВСЬОГО (на солому)		**1012,7**	**175038,8**	**5422,0**	**135550,0**		
РАЗОМ		**1342,9**	**238287,0**	**10188,7**	**254717,5**	**30000,0**	**390000,0**

,

Продовження додатку Е

№ з/п	Найменування робіт	Витрати основних виробничих ресурсів						ВСЬОГО
		Насіння		ЗЗР		Електроенергія		
		кг	грн	кг	грн	кВт	грн	
1	Дискування стерні							**33857,8**
2	Навантаження міндобрив в транспортні засоби							**1056,4**
3	Транспортування в поле міндобрив							**3316,2**
4	Внесення мінеральних добрив							**393067,4**
5	Культивація							**21365,9**
6	Навантаження насіння							**157,8**
7	Підвезення насіння до сівалки							**628,5**
8	Завантаження насіння в сівалку							**1068,1**
9	Посів	5000,0	450000,0					**474298,5**
10	Підвезення води та приготування розчину							**501,6**
11	Внесення грунтового гербіциду			200,0	38000,0			**41567,4**
12	Збирання насіння							**81400,8**
13	Перевезення насіння							**3879,0**
14	Первинна очистка					90,0	333,0	**1414,2**
15	Сушіння							**85000,0**
16	Перевезення насіння до місця зберігання							**3169,0**
ВСЬОГО (на товарне насіння)		**5000,0**	**450000,0**	**200,0**	**38000,0**	**90,0**	**333,0**	**1145748,7**
17	Прикотковування стебел та формування валків							**68000,0**
18	Обертання соломи							**51000,0**
19	Тюкування конопляної соломи							**44729,0**
20	Навантаження рулонів на транспортні засоби							**26594,1**
21	Транспортування рулонів до місця зберігання							**93671,6**
22	Розвантаження рулонів							**26594,1**
ВСЬОГО (на солому)								
РАЗОМ		**5000,0**	**450000,0**	**200,0**	**38000,0**	**90,0**	**333,0**	**1456337,5**

Продовження додатку Е

Витрати на 1 га (товарне насіння)

Стаття витрат	**Кількість**	**Сума, грн**
Заробітна плата, люд./год.	3,3	632,5
Нарахування на з/п (22,0%)		139,1
Дизпаливо , л	47,7	1191,7
Міндобрива, кг	300,0	3900,0
Насіння конопель, кг	50,0	4500,0
ЗЗР, л	2,0	380,0
Ел. Енер., кВт./год.	0,9	3,3
Поточний ремонт та запасні частини		722,0
Послуги сторонніх організацій		850,0
Аренда землі		2500,0
Всього прямі		14818,6
Накладні	3,3	2963,7
Всього витрат		**17782,4**

Витрати на 1 га (солома)

Стаття витрат	**Кількість**	**Сума, грн**
Заробітна плата,люд./год.	10,1	1750,4
Нарахування на з/п (22,0%)		385,1
Дизпаливо , л	54,2	1355,5
Поточний ремонт та амортизація		450,0
Всього прямі		3941,0
Накладні		1182,3
Всього витрат		**5123,3**

Додаток Ж

Результати впровадження матеріалу наукового дослідження за темою дисертації

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора
з наукової роботи
Інституту СГ ПС НААН
Собко М. Г.

Акт впровадження

Назва наукової установи: Інститут сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України.

Назва розробки: Технологія вирощування конопель посівних на товарне насіння у північно-східному Лісостепу України.

Автор розробки: Кабанець В. М., здобувач наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук.

Виробнича перевірка проводилась: в умовах Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН.

Відповідальні за проведення виробничої перевірки: Кабанець В. М., здобувач наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук, Мурач О.М., в. о. зав. відділу рослинництва Інституту СГ ПС НААН.

Умови проведення перевірки: північно-східний Лісостеп України, грунт чорнозем типовий мало гумусний середньо суглинковий на лесі.

Обсяг виробничої перевірки: 10,0 га.

Строк проведення перевірки: 2020 рік.

Методика досліджень: 1. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В. Ф. Мойсейченко, В. О. Спенко. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с. 2. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні / За ред. Ткачик С. О. – 3-тє вид., випр. і доп. – Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. – 74 с.

Результати впровадження: запропоновані елементи технології (норма висіву, спосіб посіву, удобрення) дозволили підвищити збір насіння культури до 1,72 т/га. При цьому, біологічна урожайність на ділянці впровадження склала 2,62 т/га. Господарська врожайність за загальноприйнятою технологією у Інституті становила 1,43 т/га. Фактичний економічний ефект від додатково отриманого врожаю з урахуванням додаткових витрат: на 1 га – 3915,00 грн; на весь обсяг впровадження: 39150,00 грн.

Відповідальні за впровадження:

В. о. зав. відділу рослинництва
Інституту СГ ПС НААН **О. М. Мурач**

Здобувач **В. М. Кабанець**

«05» листопада 2020 року

СУМСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ АГРОПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ

вул. Першотравнева, 29, м. Суми, 40009, тел. (0542) 77-02-70, факс 61-13-62
E-mail : apk@sm.gov.ua. Код СДРПОУ 00734373

01.02.2021 № 01-18/223 На № _____ від _____

Довідка про впровадження

Матеріали дисертаційної роботи Кабанця Віктора Михайловича на тему: «Агротехнологічне обґрунтування реалізації потенціалу культури конопель в умовах північно-східного Лісостепу України»:

- впроваджені у виробництво конопленосіючих господарств Сумської області на площі 380, 168 та 172 га у 2017, 2018 та 2019 роках відповідно;
- включені до підрозділу «Льон і коноплі» Програми розвитку агропромислового комплексу та сільських територій Сумської області на період до 2020 року (редакція від 27.04.2018 р.), використані при розробці проекту Програми розвитку агропромислового комплексу Сумської області на період до 2027 року;
- використані при проведенні круглих столів і майстер-класів із вирощування луб'яних та олійних культур для керівників та головних спеціалістів сільськогосподарських підприємств області у 2015-2020 роках.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради.

Директор Департаменту **Олександр МАСЛАК**

УКРАЇНА
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ АГРОПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ
майдан Свободи, буд. 5, Держпром, 7 під'їзд, 4 поверх, місто Харків, 61022, тел.705-21-65, тел./факс. 705-21-62
E-mail: uprapk@kharkivoda.gov.ua, код в ДРПОУ 00733345

08.02.2021 № 08-34/08/267 на № від

Спеціалізована вчена рада

Довідка

про впровадження результатів дисертаційного дослідження директора Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України Кабанця Віктора Михайловича.

Результати дисертаційного дослідження В.М. Кабанця, щодо наукового обґрунтування реалізації потенціалу культури конопель в умовах північно-східного Лісостепу України проаналізовано фахівцями Департаменту агропромислового розвитку Харківської обласної державної адміністрації, на основі чого зроблено висновок про їх практичне значення.

Особливо заслуговує на увагу пропозиції автора щодо обґрунтування вибору сортового асортименту конопель посівних для вирощування у господарствах Харківської області, можливості беззмінного культивування культури певний час, розробки системи застосування добрив та норм висіву насіння при запровадженні технологій вирощування конопель посівних зернового напрямку використання.

Пропозиції автора щодо можливостей використання культури, сортового асортименту, удосконалених технологій вирощування конопель посівних можуть бути враховані в розвитку агропромислового комплексу Харківської області.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради.

Директор Департаменту Сергій ПРОКОПЧЕНКО

ПОЛТАВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ АГРОПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ
вул. Міщенка, 2, м. Полтава, 36011, тел.: (+38 0532) 60-76-06, 60-31-10 тел./ факс: (+38 0532) 56-92-53,
E-mail: gol_apc@adm-pl.gov.ua Web: http://www.apk.pol.uva.ua, Код СДРПОУ 00732619

09.04.2021 № 02.1-09/124 На № _____ від _____

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Матеріали дисертаційної роботи Кабанця В. М. «Наукове обґрунтування реалізації потенціалу культури конопель в умовах північно-східного Лісостепу України» впроваджені у наступних коноплесіючих господарствах Полтавської області у 2016–2018 рр.:

2016 рік – ТОВ «НДІ сої» Глобинський район на площі 800 га. «Агро Ханф» Зінківський район на площі 91 га, «Технологія ЛРМ» Гадяцький район на площі 33 га;

2017 рік – ТОВ «Новомосковськ-Агро» Глобинський район на площі 27 га, ТОВ «НДІ сої» Глобинський район на площі 68 га, ПП «Граніт Агро» Семенівський район на площі 95 га;

2018 рік – ТОВ «Новомосковськ-Агро» Глобинський район, група компаній «Арніка» Глобинський район, ТОВ «Лан-Агро» Глобинський район на загальній площі 125 га.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради

Директор Департаменту С. ФРОЛОВ

З А Т В Е Р Д Ж У Ю
Проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи
к. с.-г. н., професор ..... В. М. Жмайлов

Д О В І Д К А
про впровадження /використання/ результатів досліджень у навчальному процесі

видана **Кабанцю Віктору Михайловичу**, директору Інституту СГПС НААН у тому, що матеріали наукових:

- Мигаль М. Л., Кабанець В.М. Коноплі: монографія. - Суми: ПВП « Вь Еллада», 2011. – 384 с.
- Федоренко В. П., Кабанець В. М., Кабанець В. В. Шкідники конопель посівних. – Суми: ФОП Щербина І. В., 2016 – 192 с.
- Харченко О. В., Кабанець В. М., Собко М. Г. Агроекологічні та екологічні аспекти встановлення оптимального рівня врожайності сортів сільськогосподарських культур: монографія. – Суми: ВПВ «ВБ Еллада», 2107. – 154 с.

та навчально-довідкових видань:

- Рослинництво. Особливості формування галузі. Технічні та олійні культури / Лойко І. М., Голобородько Л.М. Кабанець. В. М. та ін./ . – К.: Аграрна наука, 2010. – с. 335.
- Трансфер інноваційних технологій в агропромислове виробництво регіонів України / За редакцією Я. М. Гадзало, А. В. Баляп /. – К.: Аграрна освіта, 2016. – 244 с.
- Бізнес планування розвитку сільськогосподарського виробництва Північного Сходу України / за редакцією В. М. Кабанця, А. В. Чупіса/. – Суми: «Довкілля», 2018. – 240 с.

підготовлені за його співавторством, у яких відображено підходи до обґрунтування процесів формування продуктивності Cannabis sativa L. включені до робочих програм навчальних дисциплін «Рослинництво», «Технічні культури», «Землеробство» для підготовки фахівців ОС «бакалавр» спеціальностей: 6.090101 «Агрономія»; 6. 090105 «Захист рослин».

Матеріали, щодо ефективності окремих агрозаходів і контролю параметрів якості урожаю культури конопель, включені до робочих програм дисциплін «Прогноз і програмування урожаїв с. – г. культур», «Агроекологічні основи застосування добрив» і використовуються для підготовки фахівців ОС «Магістр» спеціальності 8.09010101 «Агрономія»

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій.

Завідувач кафедри рослинництва
доктор с.-г. наук, професор
..... В. І. Троценко

Завідувач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії
доктор с. – г. наук, професор
..... О. В. Харченко

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор ХНАУ ім. В.В. Докучаєва,
д-р екон. наук, професор І.М. Кукса

ДОВІДКА

про впровадження у навчальному процесі

Матеріали досліджень **Кабанця Віктора Михайловича**, що викладені у наукових монографіях:

– Коноплі: монографія / за ред. М.Д. Мигаля, **В.М. Кабанця**. Суми: Видавничий будинок «Еллада», 2011. 384 с.,

– Rudnyk-Ivashchenko O. I., **Kabanets V. M.**, Mykhalska L. M., Schwartau V. V. Metal Toxicity in Higher Plants. Determination of Metal Content in Two Genotypes of *Cannabis sativa* L. under Different Environmental Conditions through ICP-MS Analysis. Nova, 2020. P. 214–235,

використовуються в навчальному процесі при підготовці фахівців ОС Бакалавр. Вони включені в список рекомендованої основної літератури в робочій навчальній програмі на 2020–2021 н.р. з дисципліни:

– Рослинництво (спеціальність – 201 Агрономія);

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради

Завідувач кафедри рослинництва,
д-р с.-г. наук, професор Рожков А.О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКА ДЕРЖАВНА АГРАРНА АКАДЕМІЯ

вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, тел./факс: (0532) 50-02-73,
E-mail: pdaa@pdaa.edu.ua https://www.pdaa.edu.ua Код ЄДРПОУ 00493014

18.03.2021 № 01-11/19 На № _____ від _____

Довідка про впровадження в освітньому процесі

Матеріали досліджень Кабанця Віктора Михайловича, що викладені у наукових монографіях:

Коноплі: монографія / за ред. М. Д. Мигаля, **В. М. Кабанця**. Суми : Видавничий будинок «Еллада», 2011. 384 с.

Rudnyk-Ivashchenko O. I., **Kabanets V. M.**, Mykhalska L. M., Schwartau V. V. Metal Toxicity in Higher Plants. Determination of Metal Content in Two Genotypes of *Cannabis sativa* L. under Different Environmental Conditions through ICP-MS Analysis. Nova, 2020. P. 214–235

використовуються в освітньому процесі для підготовки фахівців СВО Бакалавр. Включені до робочих навчальних програм 2020–2021 навчального року з дисциплін:

- Рослинництво – 201 Агрономія;
- Технічні культури – 201 Агрономія;
- Світові агротехнології – 201 Агрономія (СВО Магістр).

Протокол засідання науково-методичної ради спеціальності Агрономія № 5 від 14.12.2020 року.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради

Ректор В. АРАНЧІЙ

SOLIARIJA

www.soliarija.com

UAB SOLIARIJA
Registration No: 302064142
Address: Taikos str., 34-5C, Kaunas LT-50230, Lithuania
Tel. +370-629-676-76
E-mail: info.soli@gmail.com
Bank: "Swedbank", AB SWIFT/BIC code: 73000
Bank account: LT96 7300 0101 3217 6029

По требованию

Агрофирма «Soliarija», расположенная в центральной части Литовской республики, специализируется на выращивании культуры конопли посевной (*Cannabis sativa* L.).

Имея ограниченные земельные ресурсы, агрофирма в 2018 – 2020 годах на площади 32 га выращивала эту культуру на одном и том же месте.

При планировании посева и культивировании конопли посевной агрофирма пользовалась научными разработками и рекомендациями директора Института сельского хозяйства Северо – Востока НААН Украины Кабанца Виктора Михайловича. В работе использовали рекомендации по выбору вида и доз удобрений, норм и способов сева, сортового состава, а также других агротехнических приемов.

В результате выращивания конопли на протяжении 2018-2020 годов на одном и том же месте были получены относительно высокие урожаи культуры при высоком качестве продукции.

Директор Владас –Йонас Каткевичюс