

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Біологічний факультет

Кафедра генетики та рослинних ресурсів

Кваліфікаційна робота

магістра

на тему: ПОРІВНЯННЯ СОРТІВ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАПОРІЗЬКОЇ
СЕЛЕКЦІЇ ЗА БІОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.0912-б-з
спеціальності 091 Біологія
освітньої програми Біологія

Падалка А. П

Керівник д.б.н., проф. Лях В.О.

Рецензент к.б.н., доц. Бойка О. А.

Запоріжжя – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біологічний

Кафедра генетики та рослинних ресурсів

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 091 Біологія

Освітня програма Біологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою В. О. Лях

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Падалці Анастасії Петрівні

1. Тема роботи Порівняння сортів льону оліного запорізької селекції за біохімічними показниками. Comparison of oilseed flax varieties of Zaporizhzhya breeding according to the biochemical parameters of the seeds

керівник роботи Лях Віктор Олексійович, д.б.н., професор

затверджена наказом вищого навчального закладу від «01» травня 2023 р.

№645-с

2. Строк подання студентом роботи жовтень 2023 року

3. Вихідні дані до роботи насіння льону олійного сорту Південна ніч (національний стандарт), п'яти сортів технічного напрямку, трьох сортів харчового напрямку.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) розглянути характеристику сортів льону запорізької селекції різного напрямку використання; проаналізувати жирнокислотний склад їх олії; провести порівняльну оцінку відмінностей у хімічному складі олії між різними сортами з використанням t-критерію Стюдента.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 таблиць (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4), 9 рисунків (1.1-1.8, 3.1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	к.б.н., Бойка О. А.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд наукової літератури. Написання 1 розділу	січень-червень 2023	виконано
2	Засвоєння техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання 4 розділу	квітень-травень 2023	виконано
3	Проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів досліджень. Статистична обробка даних. Написання 2 і 3 розділів	березень-серпень 2023	виконано
4	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра	вересень-жовтень 2023	виконано
5	Передзахист. Рецензування кваліфікаційної роботи	грудень 2023	виконано
6	Захист кваліфікаційної роботи	грудень 2023	виконано

Студент _____

А. П. Падалка

Керівник роботи _____

В. О. Лях

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____

Є. Ю. Гороховський

РЕФЕРАТ

Дана робота викладена на 64 сторінках друкованого тексту, містить 8 таблиць, 9 рисунків. Перелік посилань включає 60 джерел.

Об'єктом дослідження було насіння 9-ти сортів льону олійного запорізької селекції.

Метою роботи було охарактеризувати дев'ять сортів льону олійного запорізької селекції з використанням маркерних ознак, методів їх отримання та провести порівняльний аналіз жирнокислотного складу олії досліджуваних сортів.

Методи дослідження – біометричні вимірювання, методи статистичної перевірки гіпотез (t-критерій Стьюдента) для встановлення суттєвості різниці між сортами різного напрямку використання за біохімічними показниками олії.

В результаті проведення роботи було встановлено, більшість досліджених сортів створені методом індукованого мутагенезу; проаналізовані сорти льону суттєво не відрізняються за вмістом насичених кислот від національного стандарту Південна ніч, за деяким виключенням; у сортів льону олійного технічного напрямку суттєво більший вміст ліноленової кислоти порівняно із сортом-контролем, а у сортів харчового напрямку (Лінсан, Живинка, Ківіка) – нижчий, ніж у національного стандарту; у сортів технічного напрямку використання відзначаються найбільші величини співвідношення сумарного вмісту насичених і ненасичених жирних кислот та превалює ліноленова кислота (ω -3). У сорту Лінсан спостерігається більший вміст лінолевої кислоти (ω -6), а у сортів Живинка і Ківіка вміст ω -3 і ω -6 можна назвати збалансованим.

Отримані дані можуть бути використані в генетико-селекційній роботі з культурою та учителями на уроках біології.

ЛЬОН ОЛІЙНИЙ, НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ, БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ НАСІННЯ, СУТТЄВІСТЬ ВІДМІННОСТЕЙ

ABSTRACT

This work is presented on 64 pages of printed text, contains 8 tables, 9 figures. The list of references includes 60 sources.

The object of the study was seeds of 9 oil flax varieties of Zaporizhzhia selection.

The purpose of the study was to characterize nine varieties of oil flax of Zaporizhzhia selection using marker traits and methods of their production and to conduct a comparative analysis of the fatty acid composition of the oil of the studied varieties.

The research methods used were biometric measurements, methods of statistical hypothesis testing (Student's t-test) to determine the significance of the difference between varieties of different uses in terms of biochemical parameters of oil.

As a result of the work, it was found that most of the studied varieties were created by induced mutagenesis; the analyzed flax varieties do not differ significantly in the content of saturated acids from the national standard South Night, with some exceptions; oilseed flax varieties of technical direction have a significantly higher content of linolenic acid compared to the control variety, and food varieties (Linsan, Zhyvynka, Kivika) have a lower content than the national standard; varieties of technical direction of use have the highest values of the ratio of the total content of saturated and unsaturated fatty acids and the predominance of linolenic acid (ω -3). The Linsan variety has a higher content of linoleic acid (ω -6), and the Zhyvynka and Kivika varieties have a balanced content of ω -3 and ω -6.

The data obtained can be used in genetic and breeding work with the crop and by teachers in biology classes.

OIL FLAXSEED, DIRECTIONS OF USE, BIOCHEMICAL PARAMETERS OF SEEDS, SIGNIFICANCE OF DIFFERENCES

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Історія та сучасні аспекти культури льону олійного	9
1.2 Морфобіологічні та генетичні особливості льону олійного	12
1.3 Народногосподарське значення	17
1.4 Агротехніка льону олійного	22
1.5 Напрямки селекції льону олійного запорізької школи	28
1.6 Характеристика сортів льону олійного запорізької селекції	32
1.7 Біохімічні ознаки насіння олійних культур	36
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	39
2.1 Об'єкти дослідження	39
2.2 Методи дослідження	40
2.3 Статистична обробка отриманих даних	40
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	42
3.1 Маркерні морфологічні ознаки досліджуваних сортів льону олійного запорізької селекції	42
3.2 Порівняння сортів льону олійного запорізької селекції за жирнокислотним складом олії	45
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	51
4.1 Правила безпечного користування персональним комп'ютером ...	51
4.2 Вимоги до техніки безпеки в лабораторії	52
4.3 Пожежна безпека	53
ВИСНОВКИ	54
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Олійними вважаються культури, в плодах або насінні яких міститься не менше 15 % олії. Таких рослин, що належать до різних ботанічних родин, налічується понад 300. Україна за обсягом виробництва олії займає одне з провідних місць в Європі. Посівні площі олійних культур у нашій державі сягають 8,9 млн. га, при цьому найбільші площі займає соняшник (близько 96 %) [1].

Льон олійний – цінна технічна, харчова та лікувальна культура. За даними ФАО (англ. Food and Agriculture Organization – продовольча та сільськогосподарська організація ООН), він займає близько 4 млн. га посівних площ у світі. В останні роки намітилась тенденція до збільшення посівних площ цієї культури. На сьогодні близько 70 % всіх посівів льону в Європі займає саме льон олійний. Значні площі його вирощування зосереджені у Канаді, США, Аргентині, Індії та Китаї. Насамперед, це пов'язано з отриманням якісної олії, вміст якої в насінні досягає 50 %. В Україні льон олійний вирощують на площі, що складає близько 60 тис. га [2]. Він успішно вирощується в різних кліматичних зонах по всій території України. В Реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні, присутні сорти льону олійного як української, так й іноземної селекції.

Культура льону олійного наразі є альтернативою відносно інших високотехнологічних олійних культур, насамперед, для соняшнику та ріпаку. В окремих районах і господарствах вони культивуються на значних площах, що виходять за межі оптимального науково обґрунтованого співвідношення культур у сівозмінах [3, 4]. В той самий час вирощування олійних культур є економічно вигідним для господарств у ринкових умовах, оскільки вони дають високі прибутки. Льон олійний є важливим джерелом сировини для виробництва технічної олії в нашій країні [5].

Для більш широкого розповсюдження льону олійного необхідно створення нових високопродуктивних сортів, адаптованих до різних природних умов. Важливо, щоб нові сорти несли маркерну морфологічну ознаку, за якою їх можна було б відрізнити від інших сортів та мали певний жирнокислотний склад, що визначає їх напрям використання. Велика робота зі створення сортів льону олійного різних напрямів використання (технічний, харчовий, медичний) проводиться в Інституті олійних культур НААН України, в лабораторії селекції льону. У зв'язку зі зазначеним вище, представляє інтерес вивчення сортів з точки зору їх маркерних ознак, методів створення цих сортів, аналізу біохімічних показників олії та проведення порівняння сортів за цими показниками.

Актуальність даної роботи полягає в аналізі олії різних сортів льону за біохімічними показниками та встановленні відмінностей між сортами різного цільового призначення.

Метою роботи було охарактеризувати дев'ять сортів льону олійного запорізької селекції з використанням маркерних ознак, методів їх отримання та провести порівняльний аналіз жирнокислотного складу олії досліджуваних сортів.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- розглянути характеристику сортів льону запорізької селекції різного напрямку використання;
- проаналізувати жирнокислотний склад їх олії;
- провести порівняльну оцінку відмінностей у хімічному складі олії між різними сортами з використанням t-критерію Стьюдента.

Наукова новизна роботи полягає у розширенні і поглибленні наукових знань щодо можливостей застосування даних біохімічного аналізу олії у селекційній роботі з льоном, що має велике значення для створення нових сортів різного цільового призначення (технічний, харчовий, медичний).

Практичне застосування дослідження: матеріали дослідження можуть бути використані в генетико-селекційній роботі з культурою та учителями на уроках біології.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Історія та сучасні аспекти культури льону олійного

Льон відноситься до давніх сільськогосподарських рослин. Його назва з латинської перекладається як «найкорисніший» і вона цілком виправдовує себе. Ще в давнину, близько 9000 років тому в Індії, 6000–7000 років тому в Південній Месопотамії, 5000 років тому у Вавилоні (Єгипет), він вирощувався як технічна культура для виробництва тканин, а також як харчова та лікарська рослина. Virізняючись високою пластичністю, льон розселився в багатьох країнах Європи, Азії, Африки та Америки, де і дотепер успішно вирощується на олію та волокно.

М. І. Вавилов визначив два центри походження культурного льону: передньоазійський, куди входить Мала Азія, все Закавказзя, Іран і гірський Туркменістан; і середземноморський. У першому осередку поширені дрібнонасіньні льони, у другому – крупнонасіньні. Відокремлено від них знаходиться група карликових дрібнонасіньних, дрібноквіткових льонів Ефіопії.

В Європу льон був завезений з Єгипту. Північна культура російського льону вважається найдавнішою. Геродот згадує про посіви льону на Російській (Східно-Європейській) рівнині в період, що відноситься до VI ст. до н. е., його вирощуванням займалися всі слов'янські племена. Олійний льон давно вирощується і в Україні.

Припускають, що культурний льон (*Linum usitatissimum* L.) походить від дикого вузьколистого (*Linum angustifolium* Huds.), оскільки кількість хромосом у цих видів однакова ($2n=30$) [6, 7], обоє вони гомостильні, на відміну від гетеростильних інших видів льону, здатні схрещуватися між собою [7].

Перша згадка про медичне застосування насіння льону з'являється в працях Авіцени, Гіппократа, Кванта, Діоскоріда в середньовічних травниках

Європи та Азії. Насіння льону використовувалось також у народній медицині України.

До середини минулого століття льон олійний був доволі поширеною культурою в Україні: посівні площі становили близько 100 тис. га. Найбільше його культивували в Миколаївській, Кіровоградській, Донецькій, Луганській та Дніпропетровській областях. Але після освоєння цілинних земель вирощування цієї культури було перенесено з України до Казахстану. Через це посівні площі льону олійного в Україні значно скоротилися, а напрацьований сортовий асортимент було втрачено. Однак в останні десятиріччя ситуація змінилася. Динаміка збільшення посівних площ в нашій державі під льоном олійним має сталу тенденцію, а загальна площа, згідно офіційної статистики, досягає майже 70 тис. га. [8, 9].

Успішне вирощування льону олійного залежить від наявності сортів, адаптованих до умов вирощування. І за радянських часів, і тепер основними регіонами вирощування культури є Запорізька, Дніпропетровська, Миколаївська, Одеська та Херсонська області. Тільки в останні роки культура почала розширювати посівні площі в центр і на північ країни [8, 9].

Запорізька селекційна школа селекції льону олійного почала працювати наприкінці 90-х років ХХ століття. На той час посівні площі під культурою склали тільки 1,0–1,5 тис. га. Нині, згідно даних офіційної статистики, в Україні сортами льону олійного запорізької селекції зайнято близько 72 % посівних площ [9, 10].

Як вже зазначалося, останніми роками інтерес до вирощування культури зростає (табл. 1.1, рис. 1.1). При цьому слід зазначити, що попри все, льон олійний наразі є нішевою культурою. Як видно з рисунка 1.1, за останнє десятиліття в Україні в середньому висівали 25–35 тис. га цієї культури. Максимальні площі були у 2015–2016 рр., а мінімальні – у 2019–2020 р.

У зв'язку з тим, що внутрішні потреби у лляній олії невеликі, український ринок льону орієнтовано на експорт [11].

Таблиця 1.1 – Динаміка виробництва льону олійного в Україні [12–14]

Показники	1998	2002	2003	2004	2006	2016	2018
Площа, тис. га	1,8	9,3	12,9	14,89	48,5	62,2	29,9
Урожайність, т/га	0,62	0,92	0,84	1,16	1,3-1,4	1,1	0,76
Собівартість 1 т, грн.	300	400	440	480	650	4455,0	
Рентабельність, %	133	100	105	129	70	81,8	

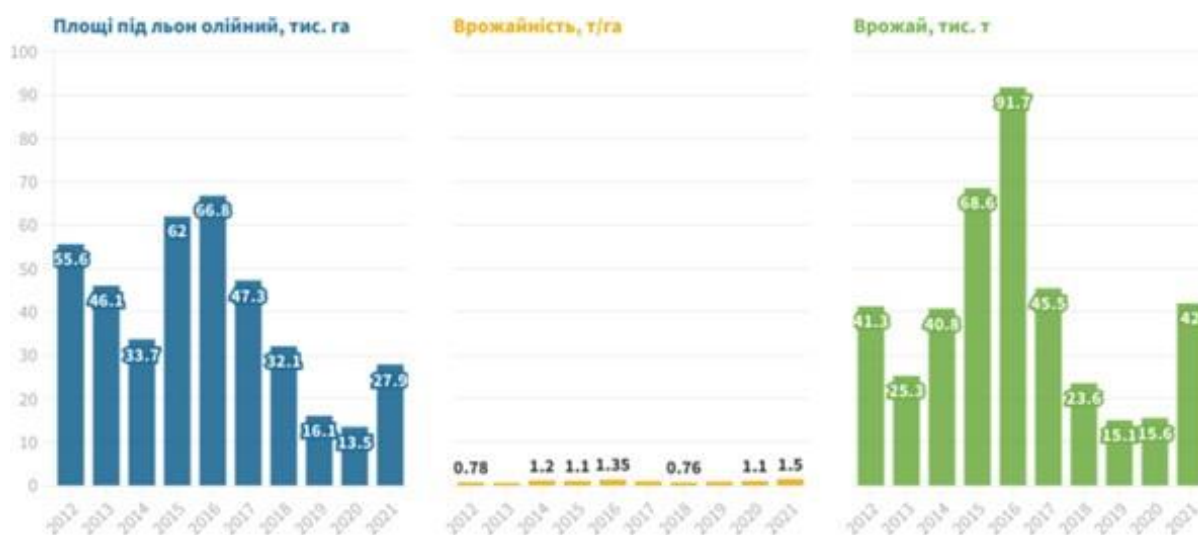


Рисунок 1.1 – Обсяги виробництва, врожайність та врожай льону олійного за 10 років [15]

Врожайність льону олійного є невисокою, про що свідчать дані рисунку 1.1, і в окремі роки становила менше за 1,0 т/га. Хоча можливий потенціал урожайності на території України може доходити до 2–2,5 т/га.

Інформація щодо площ посівів цієї культури та врожай відсутня, починаючи з 2022 р., у зв'язку з військовими діями. Зрозуміло, що показники є

меншими порівняно з попередніми роками, адже лідерами з вирощування насіння льону олійного були південні області країни (рис. 1.2).

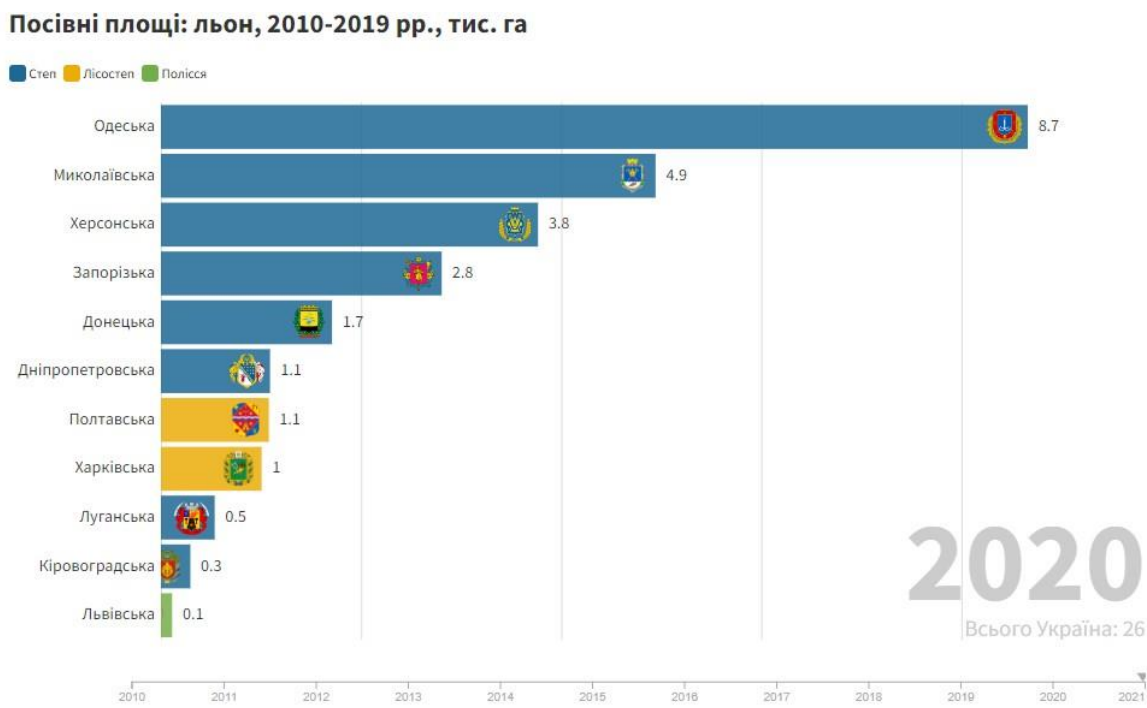


Рисунок 1.2 – Посівні площі льону олійного за період 2010–2019 рр., тис. га [15]

Слід зазначити, що наразі 32 % потенційної посівної площі є тимчасово окупованими територіями [15].

1.2 Морфобіологічні та генетичні особливості льону олійного

Ботанічна характеристика. Льон належить до родини льонових *Linaceae* D., яка включає 22 роди, із них для практичної мети використовують переважно один рід – *Linum* L. Він об'єднує понад 200 видів, серед яких є однорічні й багаторічні трав'янисті рослини. Господарське значення має тільки культурний, або звичайний, льон – *Linum usitatissimum* L., який широко використовують на волокно і насіння (рис. 1.3). Коренева система стрижнева.

Головний корінь проникає у ґрунт на глибину більше 1 м. По всій довжині головного кореня утворюється бічне коріння першого порядку, яке в результаті послідовного гілкування досягає п'ятого-шостого порядку. Характерною особливістю кореневої системи є густе розміщення бічних коренів першого порядку зверху головного кореня не глибше 30 см. Льон у зв'язку з цим характеризується слабким розвитком кореневої системи, яка не перевищує 9–15 % надземної маси рослини.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд *Linum usitatissimum* [12]

Стебло гладеньке, циліндричне, тонке. Залежно від різновидів має висоту від 15–20 до 100–120 см, розгалужується тільки зверху (льон-довгунець) або від основи по всій довжині (льон-кучерявець, льон-межеумок) (рис. 1.4). З цим пов'язане і різне використання форм льону. Стебло світле або сизо-зелене.

Листки сидячі, ланцетні, цілокраї, зелені або сизі, густо розміщені на стеблі почергово, гладенькі, із восковим нальотом, 26–30 мм завдовжки і 2–4 мм завширшки.

Суцвіття – зонтикоподібні китиці, розміщені на верхівці стебла і його бічних розгалуженнях. Квітка п'ятірного типу, симетрична, складається із чашечки, що має п'ять загострених зелених чашолистків із війками по краях, віночка, який складається з п'яти пелюсток голубого кольору, звужених до основи, п'яти тичинок із синіми або рідше жовтими пиляками, п'ятигніздої зав'язі, яка зверху має п'ять стовпчиків. Відомі форми льону з білими, рожевими або фіолетовими квітками. Льон належить до самозапильних рослин, хоч не виключається і перехресне запилення за допомогою вітру і комах.

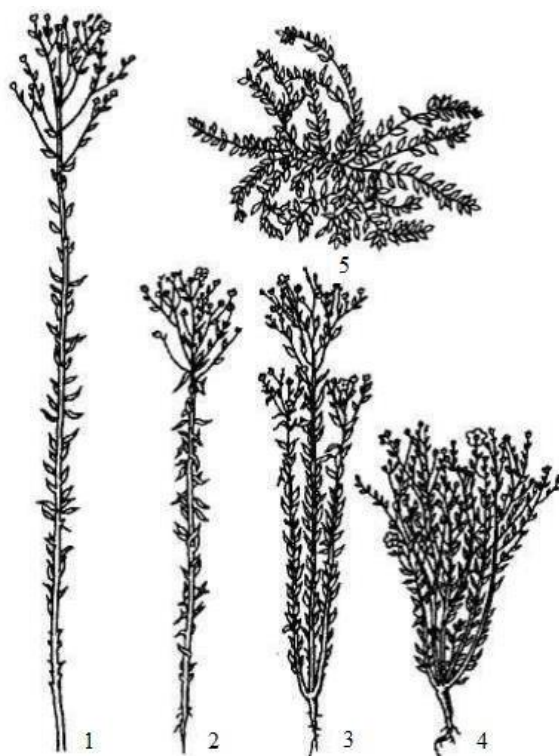


Рисунок 1.4 – Групи різновидів льону культурного: 1) льон-довгунець; 2) та 3) льон проміжний; 4) льон-кучерявець (кудряш); 5) льон сланкий [12]

Плід – п'ятигнізда, округла, зверху загострена коробочка. Повними перегородками вона поділяється на п'ять гнізд, а кожне гніздо неповними перегородками — на дві частини, в яких утворюється, як правило, по одній насініні. В нормально розвинутій коробочці може бути не більше 10 насінін.

Насіння яйцеподібної форми, з вузьким, трохи загнутим носиком, коричневе з різними відтінками. Відомі форми льону з жовтим або оливковим насінням. Поверхня блискуча, гладенька, слизька. Довжина 3,2–4,8, ширина 1,5–2,2 мм. Маса 1000 насінин – 3,5–6,5 г. Насінина складається з оболонки, ендосперму і зародка. Зверху вона покрита тонкою оболонкою, яка складається із шести шарів: кутикули, епідермісу, шару клітин повітроносної паренхіми, шару кам'янистих клітин, другого шару клітин паренхіми й пігментного шару, від якого залежить коричневе забарвлення насінини. Під оболонкою знаходиться ендосперм, багатий на білки та олію. Всередині насінини знаходиться зародок, який складається з короткого корінця, двох сім'ядольних листочків і бруньки між ними [16].

Визначення видів і підвидів культурного льону. Із більш як 200 видів, які об'єднує рід *Linum* L., виробниче значення мають небагато. Найпоширенішим є льон звичайний культурний – *Linum usitatissimum* L. До культурних видів належить і льон-стрибунець – *Linum crepitans* Vum. Проте цей вид втрачає значення культурного і трапляється у деяких місцях як бур'ян. Основні відмінності між цими видами такі:

1. *Linum crepitans* Vum. Стиглі коробочки широко розкриваються і відокремлюються від плодоніжок, насіння з невеликим носиком, легко обсипається.

2. *Linum usitatissimum* L. Стиглі коробочки не розкриваються і не відокремлюються від плодоніжок. Насіння з добре розвинутим носиком, не обсипається або незначно обсипається. Культурний звичайний льон – *Linum usitatissimum* L. – має багато форм, які різняться між собою не тільки морфологічними ознаками, а й пристосованістю до ґрунтово-кліматичних умов. За класифікацією Е. В. Вульфа, звичайний культурний льон поділяється на п'ять підвидів: євразійський, середземноморський, проміжний, індо-абіссінський та індостанський. Підвиди індо-абіссінський та індостанський виробничого значення не мають.

Євразійський підвид (*ssp. eurasiaticum Vav. et. Ell.*) – найпоширеніший підвид, який вирощують для одержання волокна. Середземноморський підвид (*ssp. mediterraneum Vav. et. Ell.*) – це крупнонасінні форми льону, які вирощують переважно в середземноморських країнах, використовують у селекції при виведенні сортів з крупним насінням. Проміжний підвид (*ssp. transitorium EH.*) має крупне насіння, вирощують на півдні України як олійну культуру [16, 17].

Визначення груп різновидностей культурного льону. Залежно від морфологічних ознак найпоширеніший євразійський підвид культурного льону поділяється на такі групи різновидностей: довгунець, межеумок, кучерявець, сланкий (рис. 1.4).

Довгунець (*elongata*) має стебло заввишки 70–125 см, у густих посівах одностеблій, не галузиться, утворює мало коробочок (1–3). Вирощують головним чином на волокно.

Межеумок, або проміжний льон (*intermedia*). Рослини заввишки 50–70 см, з більш розвинутим, ніж у довгунця, суцвіттям і більшою кількістю коробочок на ньому. Стебло галузиться по всій висоті. Вирощують як олійну культуру.

Кучерявець (*brevimulticaulia*). Низькорослі рослини (30–50 см). Стебло галузиться біля основи. На рослині утворюється багато коробочок (40–50 шт.). Вирощують як олійну культуру.

Сланкий льон (*prostrata*). Рослини з багатьма сланкими до цвітіння стеблами. Перед цвітінням вони піднімаються і досягають довжини 45–70 см. Це напівозимі форми. При сівбі весною плодоносять, але дуже пізно. В невеликій кількості вирощують в Азербайджані, Вірменії і Дагестані [16, 17].

Генетичні особливості. Каріотип виду *Linum usitatissimum* – ($2n = 30$).

Вважається, що це природній тетраплоїд. Для видів роду *Linum* взагалі характерне явище поліплоїдії, яке, ймовірно, відіграє важливу роль у видоутворенні.

Поряд з цим важливу роль в еволюції каріотипів видів роду відіграли й анеуплоїдні процеси, причому в окремих таксонів спостерігаються анеуплоїдні

ряди, наприклад, *L. flavum*: 28, 30, 32, 34. Ці процеси, як вважається, відбувалися шляхом теломерних поєднань хромосом. Це підтверджують результати дослідження теломерних послідовностей у каріотипах *L. usitatissimum* ($2n=30$, хромосоми дрібні) та *L. hirsutum* ($2n=16$, хромосоми великі), внаслідок чого встановлено, що в геномах обох видів наявні інтеркалярні теломерні райони. Вони є ламкими ділянками геному, часто залучаються до хромосомних перебудов і виникли внаслідок хромосомного злиття, що пояснює високий ступінь мінливості геному *L. usitatissimum* і значну відмінність структури каріотипів у роді [7].

Оскільки хромосоми льону дуже дрібні, каріотип його вивчений мало. Найбільш помітна маркерна ознака – забарвлення пелюсток. Вона має складну генетичну природу і залежить від 8–10 генів, частина яких плеiotропно впливає на поверхню пелюсток (гладенька або гофрована), забарвлення пиляків і оболонки насінини.

Блакитне забарвлення пелюсток домінує над рештою, гладенька поверхня пелюсток – над гофрованою, коричневе забарвлення насінин – над іншими його кольорами.

Вчені відмічають комплементарну і модифікуючу дію генів забарвлення квітки. Забарвлення насінневих оболонок обумовлюють один головний ген і два гена-модифікатора.

Важливі господарсько-біологічні особливості – тривалість вегетаційного періоду, висота рослин, вміст волокна, стійкість до вилягання – контролюються полігенно і спадкуються в F_1 за проміжним типом. Стійкість до хвороб у більшості випадків носить полігенний характер.

Для льону-довгунця характерна низка генетичних кореляцій, які ускладнюють його селекцію. Так, високий урожай соломи пов'язаний з низьким вмістом волокна. Високий вміст волокна погано поєднується з гарною його якістю і насінневою продуктивністю. Стійкість до вилягання пов'язана з пізньостиглістю. Два важливих показника якості волокна – гнучкість і міцність

– корелюють негативно. Стійкість до фузаріозного в'янення пов'язана з низьким вмістом волокна [18].

1.3 Народногосподарське значення

Стан і перспективи розвитку льонарства в Україні викликали у фахівців особливе занепокоєння практично протягом усіх років нашої державної незалежності. Адже мова йде про галузь, яка до цього забезпечувала високі прибутки, допомагала вирішувати соціально-економічні проблеми сільської місцевості. Її позитивний вплив особливо відчувався на Поліссі. В даний же час вирощування льону-довгунцю, його первинна переробка знаходяться, на думку більшості дослідників, у стані економічної стагнації [19].

При вирощуванні льону олійного одержують три цінних види продукції – високоякісне волокно, олію і технічну сировину (кострицю) [20].

У насінні льону олійного міститься жирна висихаюча олія (30–48 %), до складу якої входять тригліцериди поліненасичених ліноленової (35–45 %), лінолевої (25–35 %) кислот, мононенасиченої олеїнової (15–20 %) і насичених пальмітинової та стеаринової кислот (9–11 %); слиз (5–12 %), білок (18–33 %), вуглеводи (12–26 %), ферменти, макро- і мікроелементи, стероли, вітаміни: А, Е, D, групи В і вітамін F [21]. В цілому, біохімічний склад насіння льону залежить від погодних умов року вирощування. Так, в ході польового експерименту було встановлено, що за умов менш сприятливого (2010 р.), на відміну від більш сприятливого для вирощування льону олійного року (2009 р.), у насінні цієї культури був більший вміст пальмітинової (5,2–6,8 %), стеаринової (3,5–4,6 %), олеїнової (14,8–21,2 %) та лінолевої (12,3–16,9 %) кислот і менший – ліноленової кислоти (51,1–63,7 %) та нижчий показник олійності (41–46 %) [22].

За даними ФАОstat, лляну олію за вмістом ліноленової кислоти можна розділити на 4 категорії:

1. Вміст ліноленової кислоти більше 50 % – високий, олія придатна в основному для використання на технічні цілі.
2. Вміст ліноленової кислоти 36–49 % – середній, олія придатна на технічні цілі, в медицині, парфумерії.
3. Вміст ліноленової кислоти 10–35 % – низький, олія придатна в основному на харчові цілі.
4. Вміст ліноленової кислоти менше 10 % – дуже низький, олія придатна тільки на харчові цілі [14].

Для різноманітних галузей промисловості необхідні сорти льону олійного з різним вмістом ненасичених жирних кислот. Однак, використання лляної олії звичайних технічних олійних сортів в їжу обмежене через її високу окисну нестабільність. Для харчових цілей необхідний низький вміст у насінні ліноленової кислоти – до 5 %, що сприяє зменшенню інтенсивності окислення олії і підвищенню строку її зберігання [20].

Олія льону є також основною сировиною, яку отримують із льону олійного та використовують у виробництві лаків, фарб, штучної шкіри, мила, лінолеуму та ін. [23, 24]. Основний компонент олії – ліноленова кислота – є найбільш ненасиченою, що визначає її високу біологічну активність і здатність швидко висихати. Останнє робить лляну олію практично незамінною у виробництві фарб та інших антикорозійних покриттів, а також високоякісного лінолеуму. З неї виготовляють оліфу, яку застосовують в суднобудуванні, у житловому і промисловому будівництві. У США широко використовуються емульсійні фарби, виготовлені на лляній олії. У Канаді використовується лляна олія для виготовлення солевитривалого складу з метою зміцнення поверхні тротуарів і асфальтових доріг.

Велику цінність має соломка льону олійного. В ній міститься в середньому 10–15 % волокна четвертого-п'ятого номерів. При найнижчому врожаї соломки один гектар посіву льону олійного може дати 1,5 ц волокна,

придатного для вироблення мішковини, шпагату, мотузок, брезенту тощо. Стебла олійного льону можна використовувати не тільки для одержання волокна: соломка містить більш 50 % целюлози, що дає можливість використовувати її для вироблення паперу і картону. У Канаді і США з волокна олійного льону виготовляють цигарковий папір. У середньому з кожного гектара льону можна отримати до 300 кг паперової сировини [23, 25].

З костри шляхом пресування можна отримувати костроплити з високими тепло- та звукоізоляційними властивостями.

Макуха, що залишається після віджиму олії, являє собою добре концентрований корм, який охоче поїдається усіма видами тварин. При заводському виході олії 35,7 % одержують 57 % макухи, або 62,5 % шроту [26].

До складу лляного шроту входять такі незамінні амінокислоти: аргінін – 3,2 %, ізoleyцин і лейцин – по 2,2 %, лізин – 1,5 %, валін – 1,8 %, інших – менше 1 % кожної. Ляна макуха належить до кращих концентрованих кормів: в 1 кг міститься 1,15 корм. од., 285 перетравленого білка, 4,3 г кальцію, 8,5 г фосфору, 2 мг каротину, невелика кількість селену, необхідного тваринам. В 1 кг лляної полови міститься 0,27 корм. од. та 20 г перетравного білка [14].

Ляне насіння використовується як добавки в хлібопекарстві та при готуванні продуктів дієтичного харчування. Харчова цінність білка з лляного насіння в бальній оцінці (казеїн прийнятий за 100) оцінюється в 92 одиниці [12, 27]. Продукти з насіння льону, загальнодоступні для вживання в харчових рецептурах, використовуються у вигляді цільного лляного насіння, стабілізованого лляного насіння (тобто, лляного насіння, яке пройшло певну теплову обробку) і борошна крупного помелу. Знежирене борошно крупного помелу з лляного насіння, білковий концентрат та ізолят одержують у лабораторних умовах, але ще не реалізують у промисловому масштабі. Борошно крупного помелу лляного насіння має містити не менше 30 % білка. Харчову та біологічну цінність насіння льону можна порівняти хіба що з соєвим борошном (табл. 1.2) [28].

Насіння льону містить до 55 % жирної олії, яка відрізняється від олій інших рослин високим вмістом тригліцеридів поліненасичених жирних кислот (73%): лінолевої – 15–20 %, пальмітинової та стеаринової – 8–9 %.

Таблиця 1.2 – Порівняння поживної та біологічної цінності насіння льону і соєвого борошна (масова частка, %) [28]

Показник	Насіння льону	Соєве борошно
Біологічна цінність	77,4	72,8
Засвоюваність	91,6	90,5
Коефіцієнт ефективності білка	1,76	2,32

Вміст лінолевої кислоти в залежності від виду, сорту та генотипу льону коливається від 3–9 % до 63–69 %. Поліненасичені жирні кислоти, зокрема ліноленова кислота, в комбінації з лінолевою та іншими полієновими кислотами складають комплекс «незамінних» жирних кислот (вітамін F), які впливають на абсорбцію жиророзчинних вітамінів А, Д, Е і К. Ліноленова кислота в більшості олій знаходиться в невеликій кількості або відсутня в них, хоча в лляній олії вона міститься у великій кількості. Ліноленова та ліолева кислоти називаються есенційними, оскільки організми людини та тварин не здатні їх синтезувати самостійно.

Унікальність лляної олії зумовлена дуже високим вмістом поліненасиченої альфа-ліноленової кислоти відносно всіх інших олій (соняшникової, кукурудзяної, оливкової, соєвої, арахісової, пальмової та ін.) та найбільш низьким вмістом небажаних для вживання у складі харчового раціону насичених жирних кислот.

У Канаді отримано стабільна за складом лляна олія для вживання в їжу, яка використовується для виробництва маргарину. Але низька стабільність до окислення та відносно невеликий період збереження обмежують широке упровадження лляної олії на ринок фармацевтичних та харчових продуктів.

Високий вміст в олії ліноленової кислоти спричиняє швидке окислення та прогіркнення, що обмежує термін її харчового використання до 2-х місяців, і таким чином знижує комерційну цінність в умовах промислового виробництва.

Проблема тривалого зберігання лляної олії у світі вирішується за допомогою сучасної селекції. Це вимагає виведення спеціальних сортів зі зменшеним вмістом ліноленової та підвищеним – олеїнової кислот.

Наприкінці 80-х рр. ХХ ст. в Австралії були одержані мутанти зі зниженим вмістом ліноленової кислоти, серед них була форма *Zero*. Найбільшим успіхів досягнуто в останні десятиліття в Канаді: створений сорт льону *LinolaTM*, в олії якого міститься альфа-ліноленової кислоти до 3 %, що робить її тотожною соняшниковій олії. Цей сорт зараз займає в Канаді до 10 % площ льону та широко використовується для виготовлення різноманітних продуктів харчування, а також для виготовлення маргарину.

Зазвичай, насіння сортів льону має таке співвідношення ненасичених жирних кислот: олеїнової 15–18 %, лінолевої 14–16 %, ліноленової до 55 %. Під час проведення цілеспрямованого добору на високий вміст ліноленової кислоти змінюється співвідношення інших кислот, або збільшення олії в насінні супроводжується зменшенням вмісту його білкового складника. Тому для більш ефективного використання льону для кожного окремого напрямку необхідні спеціальні сорти [12].

Так, ефективність роботи лакофарбової промисловості пов'язана з більш високим вмістом усіх ненасичених кислот в олії, особливо – ліноленової, що забезпечує швидке висихання олії та поліпшення якості кінцевої продукції. Для цього в колекції є цінні зразки з вмістом у насінні ліноленової кислоти понад 70 %.

Для використання насіння льону в медицині необхідно більш збалансоване співвідношення жирних кислот: ліноленової (омега-3) 57 %, лінолевої (омега-6) 16 % і олеїнової 18 %, або ліноленової 25–30 %, лінолевої 25–35 % та олеїнової 35–45 %. Для харчових цілей необхідний невисокий вміст

у насінні ліноленової кислоти (до 5 %), що сприяє зменшенню окислення олії та збереженню її якості.

Становлять інтерес біологічно активні лігнани льону: є дані, що вони зменшують ризик онкологічних захворювань. Лігнани льону в сполученні з ненасиченими жирними кислотами лляної олії впливають на імунну систему організму. Лляна олія входить до складу аерозольних препаратів «Вінізоль», «Левовінізоль», «Тегралезоль», «Лівіан», «Ліфузоль». Запатентовано косметичні препарати і дерматологічні композиції, що мають у складі лляну олію.

Пошук зразків з різним біологічним складом насіння в колекції роду *Linum* та створення спеціальних сортів для різних галузей промисловості може суттєво вплинути на льонарство в цілому [12].

1.4 Агротехніка льону олійного

Льон олійний – рослина довгого світлового дня. Вимоги льону до температури не дуже високі. Необхідні йому мінімальні температури проростання – 2...3 °С (як у зернових) і сума температур – 1600...1850 °С, як правило, характерні для всіх областей України. Льон олійний можна вирощувати навіть у гірських регіонах – до висоти 1600–1800 м н.р.м. Він витримує заморозки до -3...5 °С, дія яких, проте, може викликати посилене базальне гілкування. Нижчі температури значно зріджують посіви.

Льон олійний унаслідок короткого вегетаційного періоду (75–125 днів), інтенсивного росту та високого транспіраційного коефіцієнта (420–690) вимогливий до вологи, проте меншою мірою, ніж льон-довгунець. На початковій стадії розвитку рослин потреба у волозі забезпечується її зимовими запасами. У період інтенсивного росту – із травня по червень – відбувається найбільше споживання води. Регіони, де немає небезпеки посухи на початку

літа, особливо придатні для вирощування льону олійного. Рясні опади у фазі цвітіння не чинять негативного впливу на запліднення й утворення коробочок та насіння, але у період дозрівання мають несприятливу дію, стимулюючи галуження, цвітіння й утворення коробочок. Погіршуються умови дозрівання та збирання, що негативно позначається на якості насіння, підвищується також ураженість рослин хворобами [29].

Повноту сходів льону олійного визначають біологічні особливості сорту, якість насінневого матеріалу, попередник, вологість і спосіб обробітку ґрунту (традиційна – оранка, або інша система обробітку ґрунту – нульовий обробіток ґрунту, за якого потрібен лише один прохід посівної техніки по полю, відтак, зменшується потреба в паливно-мастильних матеріалах й обслуговуванні техніки: зниження поточних витрат може досягати 30–80 %) [30], строк сівби і якість проведення технологічних операцій. Строк проведення сівби, підбір найбільш пристосованих до екологічних умов сортів і оптимальної норми висіву істотно впливають на забезпеченість рослин вологою. На час проведення сівби запаси вологи в ґрунті були найбільш динамічним показником; для шару ґрунту 0–10 см оптимальним він є 50–60 % НВ.

Ґрунт. Льон олійний за дотримання відповідної агротехніки та сприятливих метеорологічних умов можна культивувати на різних типах ґрунту. Однак деякі його різновиди, наприклад важкі глинисті або піщані, несприятливо впливають на розвиток культури – на них отримують низькі врожаї насіння. Для вирощування льону олійного найпридатнішими є чорноземи і каштанові ґрунти з дрібногрудочкуватою структурою.

Проведеними науковими дослідженнями доведено, що для одержання високих і сталих урожаїв льону олійного необхідна наявність у ґрунті достатньої кількості доступних для рослин основних елементів живлення: азоту, фосфору і калію. Потреба в азоті зростає починаючи від фази ялинки (від появи справжніх листків до закладення квіткових бутонів) і досягає максимуму під час цвітіння. Фосфор і калій необхідні рослині від перших днів вегетації і до кінця дозрівання, особливо у період від бутонізації до утворення насіння, тому

внесення фосфорних добрив у рядки під час сівби має велике значення для формування врожаю. На утворення 1 ц насіння із відповідною кількістю соломи льон олійний виносить із ґрунту 6,5–7,5 кг азоту, 2,0–2,6 – фосфору, 5,0–6,0 кг калію. Крім макроелементів, льон олійний у процесі свого росту та розвитку потребує також наявності в ґрунті бору, марганцю, цинку, кобальту, міді та інших мікроелементів. Кожен із них відіграє важливу роль у рослинному організмі і є необхідним для нормального росту і розвитку льону.

Технологія вирощування льону олійного. Правильний вибір сортів льону олійного має вирішальне значення для його успішного вирощування. Завдяки роботі селекціонерів постійно підвищується потенційно можлива врожайність культури, якість сортів, поліпшуються придатність до вирощування у місцевих умовах, стійкість проти хвороб і шкідників, а також до стресових чинників. Якщо врожайність попередніх сортів становила максимально 1,4–1,8 т/га, то сьогодні реальні урожаї – понад 1,8 т/га у жовтонасінних сортів і понад 2,5 – у буронасінних. Професор Д. Шпаар (Німеччина) відмічає, що жовтонасінні форми мають вищий, ніж буронасінні, вміст жиру (до 58 %), окрім того, в них у середньому на 3% вищий вміст ліноленової кислоти.

Місце у сівозміні льону олійного. Кращими попередниками льону олійного є пшениця озима та яра по чорному пару, картопля, баштанні культури. Не рекомендують сіяти льон після соняшнику, кукурудзи, капустяних, а також повторно після льону. Часте вирощування льону олійного на одному й тому самому місці знижує його врожайність та якість через вплив ендогенних (кореневі виділення) і екзогенних (патогенні бактерії і гриби) факторів. У такому разі в ґрунті накопичуються такі збудники хвороб, як фузаріоз та стеблові гнилі льону, що призводить до ґрунтової льоновтоми. У сівозміні льон можна повертати на те саме поле не раніше ніж через п'ять-шість років. Під час вибору попередників для льону олійного слід враховувати його низьку стійкість до вилягання та конкурентоспроможність до бур'янів, віддаючи перевагу рослинам, що не залишають багато азоту та органічних решток у ґрунті. Льон олійний – добрий попередник для озимих і ярих культур.

Система удобрення льону олійного. Льон олійний добре реагує на удобрення. Середня доза внесення азоту – 45–60, фосфору – 45 та калію 45–60 кг/га. За вирощування сортів льону олійного із високою потенціальною врожайністю дози внесення мінеральних добрив збільшують: N – до 60–90 кг/га, P₂O₅ – 60–90, K₂O – 90–120 кг/га. Фосфорно-калійні добрива вносять під зяблеву оранку, азотні – під передпосівний обробіток. Частину фосфорних добрив вносять у рядки одночасно із висівом. За внесення 40–50 кг/га гранульованого суперфосфату в рядки врожай насіння льону підвищується на 2–3 ц/га. За потреби льон підживлюють у фазі ялинки суперфосфатом (1,5 ц/га).

Правильне визначення доз азотних добрив має вирішальне значення під час вирощування льону олійного. Перевищення доз внесення азотних добрив негативного впливає на стійкість культури до вилягання. Підвищені дози азоту знижують вміст у насінні жиру за підвищення кількості протеїну, затримується утворення бутонів і квіток, дозрівання відбувається нерівномірно, що ускладнює збирання культури льону олійного.

Дози внесення добрив під льон олійний уточнюють у кожному господарстві відповідно до родючості ґрунту та запланованого врожаю. Ознаки дефіциту мікроелементів: крайовий або загальний хлороз; відмирання точки росту; утворення густої розетки; відмирання бутонів; пожовтіння і відмирання верхівки рослин. На забезпеченість мікроелементами впливають погодні умови, наприклад, за посухи їхній дефіцит і симптоми, викликані ним, посилюються. Мікроелементи вносять із основним удобренням, під час обробки насіння, із обприскуванням рослин хелатними формами мікроелементів.

Сівба. Основний спосіб сівби льону олійного – звичайний рядковий. Широкорядний спосіб із шириною міжрядь 15 см можна використовувати в насінневих посівах та на ділянках для розмноження сортів. Глибина загортання насіння льону – 2–3 см. Для поліпшення контакту насіння із ґрунтом поле після сівби коткують кільчасто-зубчастими котками. За роки досліджень запаси вологи перед сівбою льону олійного в стані фізичної стиглості ґрунту в шарах 0–10 см становили відповідно 18,4, 18,6 і 18,9 мм. Льон олійний для

проростання насіння вимагає досить багато вологи, що пов'язано з наявністю у зовнішній п'ятишаровій оболонці полігалактуронової кислоти. За її наявності цей шар сильно бубнявіє, набуває слизової консистенції; саме тому насіння льону для проростання поглинає води більше за власну масу у 1,4 рази. Звідси оптимально ранній строк сівби – за фізичної стиглості ґрунту і температурі на глибині 4–5 см 7–8 °С – сприяв одержанню польової схожості насіння льону олійного за варіантами досліду на рівні від 76,7 до 87,4 % (табл. 1.3) [31].

Збирання льону олійного. Льон олійний збирають одно- та двофазним способами. За однофазного збирання можливі втрати внаслідок неповного вимолочування недостиглих коробочок та можливого зігрівання вороху на токах. Під час скошування льону олійного у валки та обмолочування їх комбайнами значно поліпшується якість зібраної продукції та підвищується продуктивність комбайнів. Проте водночас підвищується вартість проведення збиральних робіт, а за погіршення погодних умов — різко збільшуються втрати врожаю льону олійного під час обмолочування валків.

Таблиця 1.3 – Залежність врожайності льону олійного від запасів вологи (т/га) у метровому шарі дерново-підзолистих ґрунтів [31]

Вегетаційний період за зволоженням	Продуктивна волога, т		Загальна продуктивна волога, т/га	Коефіцієнт водоспоживання	Урожайність, т/га		
	у метровому шарі ґрунту	опадів за вегетацію			Всієї продукції	у т.ч.	
						насіння	солони
Посушливий	470	600	107	370	3,1	1,0	2,8
Оптимальний	1030	1010	2040	300	7,4	1,8	5,2
Перезволожений	1250	1380	2630	250	11,4	2,8	7,9

Скошування у валки починають за 10–12 днів до побуріння 50–75 % коробочок за вологості насіння 25–35 %. Висота зрізування стебел – 12–14 см.

Така стерня добре витримує масу щільного валка та забезпечує швидке й рівномірне його підсихання. Обмолочують валки через п'ять-сім днів за зниження вологості насіння до 12 %.

Для одержання насіння високої якості збирання льону олійного однофазним способом проводять за повної стиглості насіння. Час оптимального строку збирання настає, коли насіння у коробочках шелестить за їхнього струшування та легко витирається із них пальцями. Водночас насіння льону олійного має сортотипове забарвлення та не роздавлюється між пальцями. Крім стиглості насіння, варто звертати увагу на те, щоб солома до основи стебла була сухою. Перестиглі коробочки можуть відламуватись, але втрати насіння при цьому менші, ніж за раннього обмолочування. Вологість насіння має бути у межах 8–13 %. Висоту зрізу встановлюють так, щоб забезпечити ефективно забирання всіх льонових коробочок і водночас якомога менше зрізувати соломи. Що менше соломи проходить через комбайн, то менші втрати насіння.

За використання льону олійного на волокно і насіння його скошують у валки у фазі жовтої стиглості із висотою зрізування 10 см. Після обмолочування солому розстелюють у валки за комбайнами. За сирі та теплої погоди через 10–12 днів стебла підбирають і відправляють на переробку на льонозавод. Насіння льону олійного після збирання слід ретельно очистити та досушити до вологості 7–8 % [32].

Встановлено, що в умовах півдня України кращі умови отримання сходів, росту та розвитку, формування репродуктивних органів льону олійного та найвищої насінневої продуктивності 1,34 т/га забезпечує сівба з нормою висіву 6 млн шт./га при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості. Перенесення терміну сівби на 10 та 20 днів супроводжується зниженням урожайності на 0,04 т/га та 0,2 т/га, відповідно, та погіршенням економічної ефективності вирощування. У випадках запізнення із сівбою культури норму висіву необхідно збільшити [33].

Отже, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами вирізняється невеликим використанням поживних речовин на формування

врожаю, але через відносно короткий період вегетації для нормального росту і розвитку потребує високого вмісту у ґрунті елементів живлення у легкодоступній формі. Не зважаючи на біологічно обумовлену посухостійкість та пластичність, льон олійний у зоні недостатнього зволоження, у першу чергу страждає від нестачі вологи та різкого наростання температур [12, 34]. Тому терміни сівби та управління густотою стеблостою, зумовлюючи його структуру, визначають величину та якість урожаю [35, 36].

1.5 Напрямки селекції льону олійного запорізької школи

Олія льону, що призначена для використання для технічних цілей, має характеризуватися високою швидкістю висихання з утворенням міцної еластичної плівки. Ця властивість олії зумовлена високим вмістом поліненасиченої ліноленової кислоти, що має три подвійні зв'язки. Водночас висока концентрація ліноленової кислоти зумовлює швидке окислення (згіркнення) лляної олії. З цієї причини вона може зберігатися не більше трьох місяців. Проблема зберігання лляної олії вирішується шляхом створення мутантів, а потім і сортів, що мають знижений вміст ліноленової кислоти [37]. В даний час за кордоном проводяться інтенсивні селекційні роботи зі створення низьколіноленових сортів льону з метою харчового використання [38].

Завданням селекції льону олійного є створення високоурожайних сортів, що забезпечать високий збір олії з гектара. Основними напрямками в селекційній роботі з льоном олійним є:

- селекція на врожайність;
- селекція на олійність насіння;
- селекція на якість та змінений жирнокислотний склад олії:

а) створення сортів на технічні цілі з вмістом ліноленової кислоти 70% і більше;

б) створення сортів на харчові цілі з підвищеним вмістом олеїнової кислоти та зниженим лінолевої).

В окремих випадках перспективними напрямками можуть бути селекція льону для двостороннього використання (на олію та волокно), селекція на певну тривалість вегетаційного періоду, селекція на підвищену стійкість до фузариозного в'янення та інших хвороб і ін. [39].

Як вже зазначалося раніше, запорізька селекційна школа селекції льону олійного почала працювати наприкінці 90-х років. За період існування запорізької селекційної школи створено великий асортимент сортів. Сорти зареєстровані в різні роки і різняться за характеристиками [39]. Як свідчать їхні родоводи, крім застосування традиційної внутрішньовидової гібридизації, ефективним є використання індукованого мутагенезу та мікрогаметофітного добору [41].

Селекція льону олійного в Інституті олійних культур НААН України (м. Запоріжжя) проводиться за двома напрямками:

1) створення сортів на технічні цілі з вмістом ліноленової кислоти 70 % і більше. Технічна олія повинна містити максимальну кількість ліноленової кислоти і мати високе йодне число.

2) створення сортів на харчові цілі з підвищеним вмістом олеїнової кислоти та зниженням ліноленової. Харчова олія має містити якомога більше олеїнової та ліноленової кислот.

Слід зазначити, що при створенні нового сорту селекціонер повинен перш за все визначити його модель, характеристики ознак, значення яких він хоче досягти, щоб перевершити стандартний сорт. Досягнення максимально можливого вираження таких ознак як, наприклад, врожайність насіння, збір олії з одиниці площі, маса 1000 насінин, а також комплекс біологічних, господарсько-цінних, біохімічних ознак і гомеостатичність забезпечують різностороннє використання новоствореного сорту [42].



Рисунок 1.5 – Основні напрями селекційної роботи з льоном олійним [39]

Основне завдання селекціонера – поєднання в сортах високої потенційної продуктивності зі стійкістю.

В останні десятиліття у селекціонерів з'явився особливий інтерес до морфологічних ознак рослин, які можна використовувати як маркери для забезпечення правового захисту сортів, згідно з вимогами Міжнародної конвенції з охорони сортів рослин. Використання морфологічних ознак як маркерів, що зумовлюють відмінність сортів рослин, необхідні для контролю генетичної чистоти насінництва. Це мають бути ознаки моногенні, рецесивні, чітко помітні візуально, що не мають негативних плеiotропних впливів на господарсько-цінні ознаки [43]. На думку І. О. Полякової [40], поряд з ознаками високої продуктивності та якості врожаю, які висуваються до ідеального сорту льону олійного, обов'язково мають бути включені морфологічні ознаки, оскільки патентний захист сорту неможливий без наявності в нього таких ознак.

Рекомендованими є ідентифікаційні морфологічні параметри моделі льону:

- біле, рожеве, фіолетове, світло-блакитне забарвлення пелюсток віночка;

- зірчаста, дзвоникоподібна, напівзгорнута форма квітки;
- жовте, світло-коричневе, гірчичне, зелене забарвлення насіння;
- хлорофільна недостатність вегетативної частини рослини [37, 44].

Завдяки спрямованим дослідженням із вивчення та введення в селекцію маркерних ознак, останні сорти льону запорізької селекції вже мають морфологічні відмінності. Так, характерні відмінності мають сорти Айсберг, Славний, Ківіка, Патрицій, а сорт Золотистий виділяється серед інших трьома маркерними ознаками. Сорти з маркерними морфологічними ознаками гарантовано матимуть вищу генетичну чистоту порівняно зі звичайними сортами [39].

Модель льону олійного, розроблена І. О. Поляковою [40, 45] для степової зони України, з метою формування врожаю 2,5 т/га і більше має характеризуватися такими ознаками:

- мати довжину вегетаційного періоду 91–95 днів, а посухостійкість не менш як 4 бали;
- висоту рослин від 52 до 62 см;
- кількість стебел 3–4 шт.;
- вагу насіння з 1 рослини – 0,70–0,85 г за маси 1000 насінин не менш як 8,5 г;
- показники олійності модельного сорту мають бути вищими за 48 %;
- сорт має володіти морфологічною маркерною ознакою.

Було встановлено, що серед сортів запорізької селекції досить близьким до заданої моделі показав себе тільки сорт Водограй. З великої групи комерційних сортів виокремлено сорти льону Айсберг і Золотистий, що володіють комплексом господарсько-корисних ознак і відповідають низці показників розробленої моделі. Перспективним напрямком буде створення генотипів, що об'єднують більшу кількість заданих параметрів [40].

1.6 Характеристика сортів льону олійного запорізької селекції

Успішне вирощування льону олійного залежить від наявності сортів, адаптованих до умов степових районів України. Крім цього, сорти повинні характеризуватися високою врожайністю та вмістом олії в насінні. Інститут олійних культур Національної Академії аграрних наук України (м. Запоріжжя) – провідна наукова установа із селекції льону олійного в Україні. У різні роки в лабораторії селекції і генетики льону олійного створено 13 сортів, придатних для вирощування в степовій зоні України (Південна ніч, Айсберг, Дебют, Орфей, Золотистий, Ківіка, Водограй, Патрицій, Славний, Світлозір, Запорізький богатир, Живинка, Вогні Дніпрогесу) [46, 47]. Далі наведемо характеристику деяких із вказаних сортів льону олійного.

Південна ніч. Сорт створено в Інституті олійних культур методом мікрогаметофітного добору з гібридної комбінації. Висота рослин – 52–55 см, тривалість вегетаційного періоду – 88–90 днів. Квітка велика, відкрита, забарвлення пелюсток синє, забарвлення пиляків блакитне (рис. 1.6, А). Насіння коричневе, маса 1000 насінин – 7,9 г. Вміст олії в насінні – 44–46 %. Урожайність – 1,7–1,8 т/га. Virізняється високою стійкістю проти посухи, проти вилягання рослин. Характеризується високою потенційною продуктивністю. Рекомендується для вирощування в степовій зоні України. У Реєстрі сортів рослин України з 2001 року за № 1228. Автори: В. О. Лях, Л. Ю. Міщенко, А. І. Сорока.

Айсберг. Сорт створено методом індукованого мутагенезу. Висота рослин – 54–57 см, тривалість вегетаційного періоду – 86–88 днів. Квітка середньої величини, зіркоподібна, забарвлення пелюсток біле, забарвлення пиляків жовте (рис. 1.6, Б). Насіння темно-коричневе, маса 1000 насінин – 7,7 г. Вміст олії в насінні 47–49 %. Урожайність – 1,9–2,0 т/га. Virізняється високим йодним числом олії та стійкістю проти фузаріозного в'янення. Стійкий проти вилягання рослин. Рекомендується для вирощування в Запорізькій, Дніпропетровській,

Херсонській та Миколаївській областях. У Реєстрі сортів рослин України з 2001 року за № 1364. Автори: В. О. Лях, Л. Ю. Міщенко, А. І. Сорока, В. В. Моргун.



А



Б

Рисунок 1.6 – Квітки льону олійного сортів Південна ніч (А) та Айсберг (Б) [46]

Дебют. Сорт створено методом індивідуального добору із сортозразка колекції Інституту олійних культур. Висота рослин – 57–58 см, тривалість вегетаційного періоду – 84–86 днів. Кущ компактний, стебло розгалужене. Квітка середньої величини, відкрита, забарвлення пелюсток фіолетове, забарвлення пиляків блакитне (рис. 1.7, А). Насіння темно-коричневе, маса 1000 насінин – 7,6 г. Вміст олії в насінні 44–45 %. Урожайність – 1,5–1,8 т/га. Стійкий проти вилягання рослин та обсіпання насіння. Рекомендується для вирощування в степовій зоні України. У Реєстрі сортів рослин України з 2001 року за № 1229. Автори: Т. Г. Товстановська, М. Д. Лунін.

Орфей. Сорт створено методом індивідуального добору з гібридної комбінації. Висота рослин – 55–60 см, тривалість вегетаційного періоду – 88–90 днів. Квітка середньої величини, відкрита, забарвлення пелюсток блакитне, забарвлення пиляків блакитне (рис. 1.7, Б). Насіння коричневе, маса 1000 насінин – 7,8 г. Вміст олії в насінні – 46–48 %. Урожайність – 1,9–2,0 т/га. Стійкий проти вилягання рослин та обсіпання. Рекомендується для

вирощування в степовій зоні України. У Реєстрі сортів рослин України з 2002 року за № 1582. Автори: Т. Г. Товстановська, В. О. Лях.



А



Б

Рисунок 1.7 – Квітки льону олійного сортів Дебют (А) та Орфей (Б) [46]

Золотистий. Сорт створено методом індукованого мутагенезу. Висота рослин – 65 см, тривалість вегетаційного періоду – 101–103 дні. Квітка велика, відкрита, забарвлення пелюсток біле, забарвлення пиляків жовте. Насіння жовте, велике, маса 1000 насінин – 8,2 г. Вміст олії в насінні – 48–50 %. Урожайність – 2,0–2,5 т/га. Вирізняється високим вмістом в олії ліноленової кислоти, майже 70 %, тому пропонується для технічного використання олії.

Має характерну відмітну ознаку – хлорофільну недостатність верхівки рослин упродовж усього вегетаційного періоду. Посухостійкий, стійкий проти вилягання та хвороб. Рекомендується для вирощування в степовій зоні України. У Реєстрі сортів рослин України з 2005 року за № 05131. Автори: В. О. Лях, Л. Ю. Міщенко, І. О. Полякова.

Славний. Сорт створено методом індивідуального добору з гібридної комбінації. Висота рослин – 58–60 см, тривалість вегетаційного періоду – 88–90 днів. Квітка велика, відкрита, забарвлення пелюсток біле, забарвлення пиляків жовте. Насіння велике, жовте, маса 1000 насінин – 8,9 г. Вміст олії в насінні – 48,5–49,0 %. Урожайність – 2,0–2,4 т/га.

Вирізняється високим вмістом в олії ліноленової кислоти, тому пропонується для технічного використання олії.

Посухостійкий, стійкий проти вилягання та ураження хворобами. Рекомендується для вирощування в степовій та лісостеповій зонах України. У Реєстрі сортів рослин України з 2006 року. Автори: Л. Ю. Міщенко, В. О. Лях, В. Н. Шегда.

Ківіка. Сорт створено методом індивідуального добору з мутантної лінії. Висота рослин – 50–60 см, тривалість вегетаційного періоду – 75–83 дні. Квітка фіолетово-синя, відкрита (рис. 1.8, А). Насіння коричневе, маса 1000 насінин – 6,3–6,5 г. Вміст олії в насінні – 42,0–43,7 %. Середня врожайність – 1,7–1,9 т/га. Вирізняється високим, до 40 %, вмістом олеїнової кислоти, тому пропонується для харчового використання олії. Посухостійкий, стійкий проти вилягання та ураження хворобами. Рекомендується для вирощування в степовій та лісостеповій зонах України. Сорт передано на державне сорто випробування з 2005 року. Автори: Л. Ю. Міщенко, В. О. Лях, І. О. Полякова, В. Н. Шегда, М. С. Бігун [12].



А



Б

Рисунок 1.8 – Квітки льону олійного сортів Ківіка (А) та Водограй (Б) [46]

Водограй. Середньостиглий, посухостійкий. Тривалість вегетаційного періоду – 87–89 діб. Квітка середньої величини, забарвлення пелюсток віночка блакитне, пиляки сині (рис. 1.8, Б), насіння помірно коричневе. Висота рослин – 54–60 см. Маса 1000 насінин – 7,5-8,0 г. Вміст олії в насінні – 48 –50 %.

Потенційна врожайність – 2,0 – 2,5 т/га. Сорт технічного напрямку, вміст ліноленової кислоти в олії – понад 70 %. Сорт технологічний, не вилягає, не осипається, придатний для механізованого вирощування. Рекомендовано для вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. У Реєстрі сортів рослин України з 2009 року. Автори: І. О. Полякова, В. О. Лях, М. М. Ягло, Ю. О. Махно, Т. Г. Товстановська, Л. Ю. Міщенко.

Згідно з результатами, одержаними І. О. Поляковою [45], сорти Водограй та Золотистий необхідно застосовувати в подальшій роботі як донорів ознаки «висока олійність» (максимальний вміст олії в їх насінні становив 51,8 та 51,4 %, відповідно).

1.7 Біохімічні ознаки насіння олійних культур

Вміст жиру і його якість є основним показником, що характеризує цінність олійної культури. Вміст жиру в насінні олійних культур коливається в великих межах залежно від сорту, району і умов вирощування, а також ступеня стиглості насіння. Для характеристики властивостей і якості жиру найбільш часто використовують число омилення, йодне число і кислотне число.

Число омилення характеризує здатність олії до омилення і визначається кількістю міліграмів гідроксиду калію, необхідного для нейтралізації як вільних, так і зв'язаних з гліцерином жирних кислот, які містяться в 1 г олії. Для більшості рослинних жирів число омилення складає 170–200. За цим показником визначають чистоту і природу жиру.

Йодне число характеризує здатність олії висихати. Виражається кількістю грамів йоду, який сполучається з 100 г досліджуваної олії. Чим більше йодне число, тим вище здатність олії до висихання. За ступенем висихання рослинні олії поділяють на три групи: *висихаючі* (йодне число понад 130) – лляне, перилове, рижійне та ін. (застосовують здебільшого для технічних цілей);

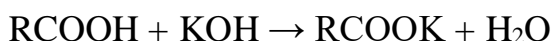
напіввисихаючі (йодне число від 90 до 130) – соняшникове, ріпакове, гірчичне, сафлорове та ін. (використовують частіше для харчування); *невисихаючі* (йодне число 80–90) – касторове, рицинове (застосовується для медичних і технічних цілей) [48].

Йодне число – це показник, що характеризує ненасиченість жирних кислот, які входять до складу жиру. Визначення йодного числа ґрунтується на здатності ненасичених жирних кислот приєднувати молекули галогену (хлор, бром, йод) в умовах, за яких ця реакція не супроводжується заміщенням водню на галоген. На кожен подвійний зв'язок витрачається одна молекула галогену. Таким чином, йодне число залежить від кількості етиленових (подвійних) зв'язків у жирних кислотах, а саме: з їх збільшенням йодне число зростає.

Крім того, чим більше у жирі міститься ненасичених жирних кислот, тим також вищим є його йодне число. Рослинні олії внаслідок більшого вмісту ненасичених жирних кислот порівняно з тваринними жирами мають більш високі значення йодних чисел.

За величиною йодного числа жирів та олій роблять висновок про їх здатність до різноманітних хімічних перетворень, оскільки ненасичені жирні кислоти можуть приєднувати кисень по місцю розриву подвійних зв'язків, що обумовлює процеси згіркнення та висихання жирів. У процесі окиснення жирів кількість ненасичених жирних кислот знижується і як наслідок зменшується йодне число. Зменшення йодного числа є показником псування жиру [49].

Кислотне число – це основний показник якості олії. Він характеризує вміст в олії вільних жирних кислот. Визначається кількістю міліграмів гідроксиду калію, необхідного для нейтралізації вільних жирних кислот, які містяться в 1 г олії. Чим кислотне число нижче, тим вище якість олії.



Таблиця 1.4 – Вміст і якість олії в насінні олійних культур [49]

Культура	Вміст олії, % на суху речовину	Число омилення, мг КОН на 1 г жиру	Йодне число, г йоду на 100 г жиру	Кислотне число, мг КОН на 1 г жиру	Здатність жиру до висихання
Рицина	47,2-58,2	182-187	81-86	0,98-6,80	невисихаючий
Арахіс	41,2-55,2	182-207	90-103	0,03-2,24	невисихаючий
Гірчиця	35,2-47,0	182-183	92-119	0,00-3,04	слабовисихаючий
Ріпак	45,0-49,6	167-185	94-112	0,13-11,0	слабовисихаючий
Соняшник	29,0-57,0	183-196	119-144	0,10-2,40	напіввисихаючий
Кунжут	48,0-63,0	187-197	103-112	0,20-2,30	напіввисихаючий
Сафлор	25,0-37,0	194-203	115-155	0,8-5,8	напіввисихаючий
Льон олійний	30,0-47,8	186-195	165-192	0,55-3,50	висихаючий
Рижій	25,6-46,0	181-188	132-153	0,25-13,20	висихаючий

Дані про вміст олії та її якість у насінні олійних культур наведено в таблиці 1.4.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

2.1 Об'єкти дослідження

Систематичне положення об'єкту дослідження:

Царство: Рослини (*Viridiplantae*)
Відділ: Покритонасінні (*Magnoliophyta*)
Клас: Дводольні (*Dicotyledones*)
Родина: Льонові (*Linaceae*)
Рід: Льон (*Linum*)

Експерименти проводилися протягом 2022–2023 рр. Рослинний матеріал (насіння досліджених сортів льону олійного) використаний з колекції кафедри генетики та рослинних ресурсів Запорізького національного університету, оригіном є Інститут олійних культур, м. Запоріжжя, Україна: Південна ніч (національний стандарт); сорти технічного напрямку Світлозір, Водограй, Запорізький богатир, Вогні Дніпрогесу, Патрицій; сорти харчового напрямку:

– Лінсан (проходить Державне сортовипробування з 2020 р.), має змінений вміст ліноленової (3,0 %), лінолевої (72,3 %) та олеїнової (16,9 %) кислот, а також відмітні маркерні ознаки – білий колір віночка й плямисте насіння жовто-коричневого кольору [49];

– Живинка (2018 р.), характеризується унікальним співвідношенням ненасичених кислот в олії: зниженим вмістом ліноленової кислоти (25,9 %) та підвищеним – олеїнової (20,6 %) і лінолевої (43,6 %) кислот, квітка невелика, блакитна, насіння помірно коричневе;

– Ківіка (2007 р.), вирізняється підвищеним (до 35 %) вмістом олеїнової кислоти, квітка невелика, фіолетово-синя, насіння темно-коричневе, дрібне [50].

2.2 Методи дослідження

Жирнокислотний склад визначали методом газорідинної хроматографії у вигляді метилових ефірів за допомогою газового хроматографа GC-16A «Shimadzu» (Японія) з полум'яно-іонізаційним детектором.

Вміст окремих жирних кислот виражали у відсотках (%) від загальної кількості жирних кислот.

Біохімічні визначення проводили в 3-разовому повторенні.

2.3 Статистична обробка отриманих даних

Одержані результати були опрацьовані статистично, використовуючи *t*-критерій Стьюдента.

Критерій Стьюдента застосовується для перевірки гіпотез про рівність генеральних середніх, якщо статистичні дані можуть бути розподілені за нормальним законом. *t*-критерій Стьюдента призначений для вирішення одного з завдань, що найбільш часто зустрічається при обробці даних – виявлення достовірності відмінностей між двома або більше рядами значень [51]. *t*-критерій Стьюдента обчислюється за формулою:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (2.1)$$

де *t* – величина обчисленого емпіричного критерію, який необхідно порівнювати з критичним;

M_1 і M_2 – значення порівнюваних середніх арифметичних;

m_1 і m_2 – відповідні величини статистичних помилок середніх арифметичних.

Розраховане значення t-критерія порівнюється з критичним значенням $t_{кр}$, де $t_{кр}$ – критичне значення розподілу Стюдента, яке надається в статистичних таблицях .

Число ступенів свободи визначається за формулою:

$$v = n_1 + n_2 - 2 \quad (2.2)$$

де n_1 і n_2 – обсяги порівнюваних вибірок.

Рішення про достовірність відмінностей приймається в тому випадку, якщо обчислена величина t_{st} перевищує табличне значення для даного числа ступенів свободи ($d(v)$). У тексті публікації або наукового звіту вказують найбільш високий рівень значущості з трьох: $p < 0,05$; $<0,01$; $<0,001$ [52].

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Маркерні морфологічні ознаки досліджуваних сортів льону олійного запорізької селекції

Наявність маркерних ознак є невід'ємним компонентом сучасних комерційних сортів. Проблемою останніх років в Україні є збільшення фальсифікації в насінництві посівного матеріалу найбільш рентабельних культур і сортів агрокультур. За даними аналітичних агентств УкрАгроКонсалт та АПКІнформ, на українському ринку частка фальсифікату насінневого матеріалу становить 25–30 %. Через наявність сфальсифікованої посівної продукції на ринку та її використання потерпають не тільки сільгоспвиробники, а й аграрний сектор країни в цілому. Проблема фальсифікату стосується, зокрема, й такої культури, як льон олійний. Маркерні ознаки сприяють підтримці сортової чистоти (типовості) насінневого матеріалу наших сортів та захисту прав селекціонера [53].

Як зазначають В. О. Лях та І. О. Полякова [39], на сьогоднішній день завдяки спрямованій селекційній роботі створено нові сорти льону олійного, які відрізняються за різними морфологічними ознаками. Ці ознаки мають назву маркерних. У льону маркерними ознаками є забарвлення віночку, забарвлення пиляків, форма та розмір квітки, колір та розмір (крупне) насіння, хлорофільна недостатність рослин.

На основі інформації з літературних джерел та інтернет-ресурсів, у тому числі із офіційного сайту Інституту олійних культур НААН України [46, 53, 54], нами складена таблиця 3.1, в якій наведена характеристика досліджуваних сортів льону олійного запорізької селекції, у тому числі й їх маркерні ознаки.

Таблиця 3.1 – Характеристика сортів льону олійного [39, 54]

№ з/п	Сорт	Рік реєстрації	Метод створення	Маркерна ознака
1	2	3	4	5
1.	Південна ніч (національний стандарт)	2000	мікрогаметофітний добір з гібридної комбінації	велика синя квітка
2.	Світлозір [#]	2015	індивідуальний добір з гібридної комбінації	великонасіннєвий, маса 1000 насінин 9–9,5 г, насіння жовтого кольору, квітка біла
3.	Водограй	2009	індукований мутагенез	блакитно-фіолетова квітка, сині пиляки
4.	Запорізький богатир	2018	індукований мутагенез	великонасіннєвий, маса 1000 насінин 9,8 г
5.	Вогні Дніпрогесу	2018	індукований мутагенез	хлорофільна недостатність рослини (жовто-зелене забарвлення) від початку вегетації до дозрівання
6.	Патрицій	2013	індукований мутагенез	напівзгорнутий ступінь розкриття квітки, фіолетові пелюстки віночка й жовте забарвлення насіння

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
7.	Лінсан*	проходить Державне сорто- випробування з 2020 р.	індукований мутагенез	невелика блакитна квітка, дрібне плямисте жовто- коричнєве насіння
8.	Живинка*	2018	індукований мутагенез	знижений вміст в олії ліноленової кислоти (25,9 %), підвищений – олеїнової (20,6 %) і лінолевої (43,6 %) кислот
9.	Ківіка*	2007	індукований мутагенез	дрібна фіолетова квітка, дрібне коричнєве насіння

Примітка * – сорти харчового напряму використання; # – вперше в Україні та світі

На базі одержаних методами хімічного та фізичного мутагенезу мутантів було створено високопродуктивні сорти льону зі зміненим жирнокислотним складом олії: на технічні цілі – сорти Золотистий та Вогні Дніпрогесу з високим вмістом ліноленової кислоти (понад 65 % і вище); на харчові цілі – сорти Ківіка з підвищеним до 35 % вмістом олеїнової кислоти та Живинка зі збалансованим вмістом ненасичених жирних кислот (ліноленова – 25,9 %, олеїнова – 20,6 %, лінолева – 43,6 %) [39].

3.2 Порівняння сортів льону олійного запорізької селекції за жирнокислотним складом олії

Як свідчать численні експериментальні дані, насіння льону олійного містить до 49 % жирної олії, яка швидко висихає, утворюючи тонку гладеньку блискучу плівку. Процес утворення і накопичення олії протікає в тісному зв'язку з життєдіяльністю рослинного організму в цілому і залежить від генетичних особливостей, властивих даному виду, онтогенезу та метеорологічних умов вирощування. Масова частка олії, її хімічний склад змінюються протягом всього періоду дозрівання насіння чи плодів. Кількість олії збільшується послідовно від початку формування насіння до кінця його дозрівання. Якісний склад жирних кислот для даного виду (форми, сорту) рослин залишається більш-менш постійним протягом онтогенезу, змінюються, як правило, кількісне співвідношення між жирними кислотами [22].

Як вже зазначалося у розділі 1, лляну олію з високим вмістом поліненасичених жирних кислот, особливо ліноленової, використовують переважно на технічні, а з низьким – на харчові цілі [55].

Нами проаналізований вміст насичених та ненасичених жирних кислот в олії 9-ти сортів льону олійного запорізької селекції.

У таблиці 3.2 представлені дані щодо вмісту насичених жирних кислот в олії досліджених сортів.

Проаналізовані сорти льону суттєво не відрізняються за вмістом пальмітинової та стеаринової кислот від національного стандарту, яким є сорт Південна ніч. Лише в деяких сортів є певні відмінності: Світлозір (пальмітинова), Водограй (стеаринова), Патрицій (як пальмітинова, так і стеаринова). У цих сортів вміст вивчених насичених жирних кислот дещо менший порівняно із сортом-контролем. Про це свідчить порівняння за t-критерієм Стьюдента при рівні вірогідності 0,95 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Порівняння сортів льону олійного запорізької селекції за вмістом насичених жирних кислот в олії насіння, 2021–2023 рр.

Сорт	Насичені жирні кислоти, %			
	пальмітинова C ₁₅ H ₃₁ COOH	t _{st}	стеаринова C ₁₇ H ₃₅ COOH	t _{st}
Південна ніч – національний стандарт	4,6 ± 1,10	–	5,4 ± 0,97	–
Світлозір	1,2 ± 0,40*	2,9	3,4 ± 0,58	1,8
Водограй	2,2 ± 0,41	2,1	2,1 ± 0,57*	2,9
Запорізький богатир	3,2 ± 0,39	1,2	3,1 ± 0,52	2,1
Вогні Дніпрогесу	3,2 ± 0,25	1,2	2,4 ± 0,47	2,7
Патрицій	1,2 ± 0,41*	2,9	2,1 ± 0,57*	2,9
Лінсан	4,2 ± 1,01	0,3	3,6 ± 0,41	1,6
Живинка	5,4 ± 0,45	0,7	4,1 ± 0,51	1,2
Ківіка	2,9 ± 0,48	1,4	2,8 ± 0,65	2,2

Примітка: * – відмінності від сорту-контролю суттєві при рівні вірогідності 0,95

Як свідчать літературні дані, вміст насичених жирних кислот (пальмітинової, стеаринової), на відміну від ненасичених (олеїнової, лінолевої, ліноленової), у льону олійного змінюється рідко і, за даними різних дослідників, коливається в межах 5–6 % для пальмітинової і 4–5 % стеаринової [55, 56].

Під час генетико-селекційної роботи зі створення генотипів зі зміненим вмістом жирних кислот у складі лляної олії, створюються форми з їх підвищеним вмістом, при цьому відбираються окремі ненасичені кислоти. Так,

сорт технічного напрямку Водограй має підвищений вміст до 70,0–73,0 % ліноленової кислоти за рахунок зменшення лінолевої та олеїнової кислот [54].

Таблиця 3.3 – Порівняння сортів льону олійного запорізької селекції за вмістом ненасичених жирних кислот в олії насіння, 2021–2023 рр.

Сорт	Ненасичені жирні кислоти, %		
	олеїнова $C_{17}H_{33}COOH$	лінолева $C_{17}H_{31}COOH$	ліноленова $C_{17}H_{29}COOH$
Південна ніч – національний стандарт	$21,8 \pm 1,36$	$15,3 \pm 0,72$	$52,9 \pm 1,98$
Світлозір	$15,2 \pm 1,24$	$8,0 \pm 0,66$	$72,2 \pm 1,86^{***}$
Водограй	$17,4 \pm 1,24$	$9,1 \pm 0,65$	$69,2 \pm 1,87^{***}$
Запорізький богатир	$15,2 \pm 1,14$	$8,3 \pm 0,69$	$70,2 \pm 1,67^{***}$
Вогні Дніпрогесу	$14,2 \pm 1,15$	$8,0 \pm 0,45$	$72,2 \pm 1,27^{***}$
Патрицій	$16,2 \pm 1,24$	$9,3 \pm 0,65$	$71,2 \pm 1,87^{***}$
Лінсан	$18,8 \pm 1,27$	$68,3 \pm 1,83^{***}$	$5,1 \pm 0,91^{***}$
Живинка	$19,0 \pm 1,29$	$43,8 \pm 1,38^{***}$	$27,8 \pm 1,41^{***}$
Ківіка	$36,6 \pm 1,86^{***}$	$14,9 \pm 1,51$	$42,8 \pm 1,94^{***}$

Примітка: *** – відмінності від сорту-контролю суттєві при рівні вірогідності 0,999

З даних, наведених у таблиці 3.3, ми бачимо, що є низка сортів зі статистично достовірно більшим вмістом ліноленової кислоти порівняно із сортом-контролем Південна ніч (при рівні вірогідності 0,999). Це сорти льону олійного технічного напрямку використання (Світлозір, Водограй, Запорізький богатир, Вогні Дніпрогесу, Патрицій). І, навпаки, є сорти, в олії яких вміст ліноленової кислоти суттєво нижчий, ніж у національного стандарту. Це такі

сортів, як Лінсан, Живинка, Ківіка. Їх використовують для харчового напрямку. Можна також використовувати олію з насіння цих сортів з медичними цілями.

В цілому, для харчового використання рекомендовані сорти зі зниженим (менше 40 %) вмістом ліноленової кислоти й підвищеним (більше 40 %) вмістом комплексу лінолевої й олеїнової кислот [14].

Якщо аналізувати останні три сорти за таким критерієм, як «сумарний вміст лінолевої й олеїнової кислот», то у складі олії усіх цих сортів харчового напрямку вміст комплексу обох ненасичених кислот перевищує 40 %. У сорту Лінсан їх сумарний вміст становить 87,1 %, Живинка – 62,8, Ківіка – 51,5 %.

В той же час, сорт Ківіка має найвищий серед них вміст олеїнової кислоти та найнижчий – лінолевої кислоти.

Таблиця 3.4 – Співвідношення суми насичених та ненасичених жирних кислот в олії досліджених сортів льону олійного

Сорт	Сумарний вміст жирних кислот, %		Співвідношення
	насичених	ненасичених	
Південна ніч – національний стандарт	10,0	90,0	1 : 9,0
Світлозір	4,6	95,4	1 : 20,7
Водограй	4,3	95,7	1 : 22,3
Запорізький богатир	6,3	93,7	1 : 14,9
Вогні Дніпрогесу	5,6	94,4	1 : 16,9
Патрицій	3,3	96,7	1 : 29,3
Лінсан	7,8	92,2	1 : 11,8
Живинка	9,5	90,6	1 : 9,5
Ківіка	5,7	94,3	1 : 16,5

У таблиці 3.4 представлені дані щодо сумарного вмісту насичених і ненасичених жирних кислот та їх співвідношення в олії вивчаємих сортів льону олійного запорізької селекції. Простежується певна тенденція: у сортів технічного напрямку використання відзначаються найбільші величини співвідношення (рекордсменами серед цієї групи сортів є Водограй – 1:22,3 та Патрицій – 1:29,3), в той час як у національного стандарту, сорту Південна ніч цей показник становить 1:9,0. Протилежна картина спостерігається у сортів харчового напрямку, для їх олії характерна невелика величина співвідношення сумарного вмісту насичених і ненасичених жирних кислот (табл. 3.4). При цьому найменшою вона є у сорту Живинка (1:9,5).

Подібні закономірності описують дослідники, вчені запорізької школи селекції льону олійного у своїй публікації [54]. Вони зазначають зменшення вмісту насичених кислот у високоліноленових сортах. Так, якщо в сорті-стандарті Південна ніч це співвідношення, за їх даними, становить 1 :10, то у харчових сортів Живинка – 1:9,6, Сонячний – 1:12, Ківіка - 1:14, а у технічному сорті Водограй з вмістом ліноленової кислоти понад 70 % – 1:29.

Для характеристики сортів льону харчового напрямку також важливо враховувати співвідношення вмісту поліненасичених жирних кислот ω -3: ω -6. Баланс цих двох типів поліненасичених жирних кислот важливий для гомеостазу та нормального розвитку людського організму.

На рисунку 3.1 представлені відсоткові співвідношення вмісту поліненасичених жирних кислот ω -3 і ω -6 в олії досліджуваних сортів льону олійного запорізької селекції. Проведені нами розрахунки показали наступні співвідношення: Південна ніч – 3,5:1, Світлозір – 9,0:1, Водограй – 7,6:1, Запорізький богатир – 8,5:1, Вогні Дніпрогесу – 9,0:1, Патрицій – 7,7:1, Лінсан – 1:13,4, Живинка – 1:1,6, Ківіка – 1:0,3.

Як ми бачимо, у сортів харчового напрямку використання інші величини співвідношення, ніж у сортів технічного напрямку. У технічних сортів превалює ліноленова кислота (ω -3). У сорту Лінсан спостерігається більший вміст лінолевої кислоти (ω -6), а у сортів Живинка і Ківіка вміст ω -3 і ω -6 можна

назвати збалансованим, що є підставою для їх використання не тільки з харчовою, а й з медичною ціллю.

І. О. Полякова зі співавторами [54] встановили, що у досліджених ними сортів льону співвідношення ω -3: ω -6 становило: для сорту Південна ніч 3,3:1, для технічного сорту Водограй – 7,7:1, для харчових сортів Сонячний – 1:16,9, Живинка – 1:1,6, Ківіка – 3:1.

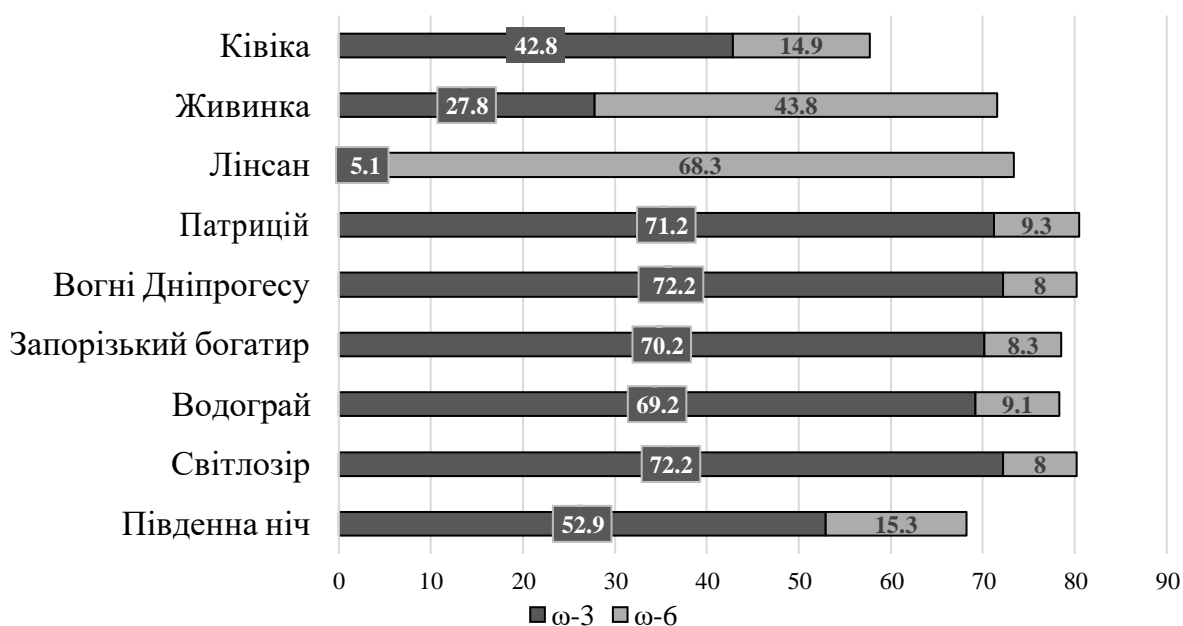


Рисунок 3.1 – Співвідношення поліненасичених жирних кислот – ліноленової (ω -3) та лінолевої (ω -6) у сортів льону олійного запорізької селекції, %

Ще б хотілося відзначити важливу перевагу сортів запорізької селекції на світовому ринку – відсутність ГМО, це є вимогою імпортерів насіння, особливо після того, як було виявлено, що канадський льон генетично модифікований. За органолептичними показниками олія, отримана з харчових сортів льону запорізької селекції, має приємний смак без рибного присмаку [50].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [57].

Основна частина моєї роботи відбувається за комп'ютером, тому необхідно знати та дотримуватися вимог при роботі з персональним комп'ютером, що регламентується Державними санітарними правилами і нормами роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98.

4.1 Правила безпечного користування персональним комп'ютером

Персональний комп'ютер може бути підключений тільки до розетки, яка має заземлення.

В кінці робочого дня або у разі тривалої перерви у роботі (вихідні або святкові дні, на час відпустки тощо) вилку кабелю живлення персонального комп'ютера слід від'єднати від розетки електромережі.

Персональний комп'ютер встановлюється на робочих місцях, на яких обладнанню забезпечується нормальне охолодження. Повітря з вентилятора охолодження персонального комп'ютера повинно мати вільний вихід.

Забороняється пересувати ввімкнений системний блок. Не дозволяється розміщувати персональний комп'ютер у місцях, де він не захищений від: попадання на нього прямих сонячних променів, пилу, механічних ударів, вібрацій, коливань та інших зовнішніх впливів; впливу високочастотного

випромінювання (поблизу трансформаторів, ліній високовольтних передач та ін.) [58].

Не допускається перекриття вентиляційних отворів монітора, що знаходяться на верхній та бокових панелях.

Персональний комп'ютер має бути встановлений на міцній горизонтальній поверхні.

Забороняється встановлювати персональний комп'ютер у місцях, де існує небезпека потрапляння на нього води, а також поблизу опалювальних приладів.

У разі короткої перерви в роботі необхідно зберегти всі змінені впродовж останнього часу документи та зробити блокування персонального комп'ютера.

Не слід встановлювати персональний комп'ютер поблизу опалювальних пристроїв, а також слід берегти від прямих сонячних променів [59].

4.2 Вимоги до техніки безпеки в лабораторії

У біологічних лабораторіях використовують загальні гігієнічні заходи. Усі працівники лабораторії повинні бути в медичних халатах. На ноги необхідно взувати закрите взуття, що закриває верхню частину стопи. Під час виконання процедур, при яких можуть утворитися інфіковані бризки, необхідно використовувати захисні окуляри або екрани. Для виконання стандартних лабораторних процедур у разі дотримання правил гігієни рукавички не використовують. Правильна гігієна рук передбачає ретельне очищення рук відразу після закінчення роботи з мікроорганізмами або будь-коли у разі випадкового контакту мікроорганізмів із шкірою. Очищення рук проводять шляхом миття водою з милом або обробленням спиртом.

Підлога, стіни та поверхні всіх меблів повинні бути гладкими і непошкодженими. У лабораторії повинна бути раковина для вмивання та миття рук. Двері повинні замикатися. Необхідно також запобігти потраплянню

шкідників до лабораторії. Особисті речі зберігають за межами робочої зони. З обладнання в лабораторії обов'язково повинний бути автоклав.

Для роботи в лабораторії можна використовувати лише культури, отримані з референтних лабораторій або авторитетних джерел (наприклад, академічні лабораторії або регіональні відділи охорони здоров'я). Забороняється використання мікроорганізмів, виділених із довкілля, оскільки вони можуть бути організмами, які вимагають практики та обладнання. Необхідно ретельно документувати всю інформацію про походження, властивості та рух музейних мікроорганізмів у лабораторії [60].

4.3 Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки в лабораторії визначається «Правилами пожежної безпеки в Україні»:

– у лабораторії на видному місці повинні бути справжні первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники вуглекислотні, пінні або порошкові, які розміщують безпосередньо в лабораторії; ящик або відро з піском (об'ємом близько 0,01 м³) з совком; покривало з вогнетривкого матеріалу;

– загорання у лабораторії слід відразу ліквідувати. У разі пожежі необхідно: повідомити пожежну охорону; вжити заходів щодо евакуації людей з приміщення; негайно вимкнути всі газові та електроприлади, а також забрати всі вогненебезпечні речовини, потім перекрити доступ повітря до вогню, а місце пожежі засипати піском, накрити покривалом з вогнетривкого матеріалу або обробити вуглекислим газом з вогнегасника [60].

ВИСНОВКИ

1. У ході дослідження родоводів сортів льону олійного запорізької селекції з морфологічними маркерними ознаками встановлено, що більшість цих сортів створені методом індукованого мутагенезу. Також було застосовано традиційний метод внутрішньовидової гібридизації та метод мікрогаметофітного добору.

2. Проаналізовані сорти льону суттєво не відрізняються за вмістом насичених кислот від національного стандарту Південна ніч, крім сортів Світлозір (відмінність за пальмітиною кислотою), Водограй (за стеариною), Патрицій (за пальмітиною і стеариною кислотами). У цих сортів вміст насичених жирних кислот менший порівняно із сортом-контролем при рівні вірогідності 0,95.

3. У сортів льону олійного технічного напрямку використання (Світлозір, Водограй, Запорізький богатир, Вогні Дніпрогесу, Патрицій) суттєво більший вміст ліноленової кислоти порівняно із сортом-контролем Південна ніч (при рівні вірогідності 0,999). У сортів харчового напрямку (Лінсан, Живинка, Ківіка) вміст ліноленової кислоти суттєво нижчий, ніж у національного стандарту.

4. Аналіз сортів харчового напрямку за таким критерієм, як «сумарний вміст лінолевої й олеїнової кислот», показав, що у сорту Лінсан їх сумарний вміст становить 87,1 %, Живинка – 62,8, Ківіка – 51,5 %. Це відповідає вимогам, які пред'являються до сортів даного напрямку використання (вміст комплексу обох ненасичених кислот має перевищувати 40 %).

5. У сортів технічного напрямку використання відзначаються найбільші величини співвідношення сумарного вмісту насичених і ненасичених жирних кислот (рекордсменами серед цієї групи сортів є Водограй – 1:22,3 та Патрицій – 1:29,3), в той час як у національного стандарту, сорту Південна ніч цей показник становить 1:9,0. Для сортів харчового напрямку, навпаки, характерна

невелика величина співвідношення сумарного вмісту насичених і ненасичених жирних кислот, найменшою вона є у сорту Живинка (1:9,5).

б. Оцінка співвідношення вмісту поліненасичених жирних кислот ω -3 і ω -6 в олії досліджуваних сортів льону олійного запорізької селекції показала, що у технічних сортів превалює ліноленова кислота (ω -3). У сорту Лінсан спостерігається більший вміст лінолевої кислоти (ω -6), а у сортів Живинка і Ківіка вміст ω -3 і ω -6 можна назвати збалансованим (1:1,6 та 1:0,3, відповідно), що є підставою для їх використання не тільки з харчовою, а й з медичною ціллю.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. На основі проведеного порівняльного аналізу жирнокислотного складу олії 9-ти сортів льону олійного запорізької селекції підтверджено, що переважна більшість з них може використовуватися з технічної ціллю. Три сорти (Лінсан, Живинка, Ківіка) доцільно використовувати за харчовим напрямом, а сорти Живинка і Ківіка – ще й за медичним.

2. Одним з основних показників, що дозволяє рекомендувати сорт до конкретного напрямку використання в народному господарстві, є вміст ліноленової кислоти.

3. Для олії сортів харчового напрямку дуже важливою є оцінка співвідношення у ній вмісту ω -3 (ліноленова) і ω -6 (лінолева) жирних кислот.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Основи рослинництва і тваринництва: навчальний посібник. Київ : ЦУЛ, 2014. 304 с.
2. Вишнівський П. С., Любчич О. Я. Формування продуктивності сортів льону олійного залежно від рівня удобрення в умовах північної частини Правобережного Лісостепу. *Землеробство*. URL: <http://zemlerobstvo.kiev.ua/wp-content/uploads/201.pdf>.
3. Patil R. R., Sinha M. N., Rai R. K. Correlation and regression analysis in linseed. *Indian Journal Agriculture Sciences*. 1989. № 9. P. 59.
4. Дзюбайло А. Г., Шувар А. М., Рудавська Н. М., Дорота Г. М., Тимків М. Ю. Оцінка сортів льону олійного за продуктивністю в зоні Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (2). С. 53–65. DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-2-4
5. Шеремет Ю. В., Дідора В. Г., Шваб С. Б. Сортіві особливості технології вирощування льону олійного в умовах Полісся України. *Луб'яні та технічні культури* : зб. наук. пр. 2013. Вип. 3 (8). С. 102–106.
6. Хромосомные числа цветковых растений / Под ред. А. А. Федорова. Ленинград : Наука, 1969. 927 с.
7. Оптасюк О. М., Шевера М. В. Рід *Linum* L. у флорі України / Відп. ред. В.В. Протопопова. Київ: Альтерпрес, 2011. 276 с.
8. Статистичний бюлетень «Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду» (остаточні дані). Київ : Державна служба статистики, 2018. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvXu_reg.htm (дата звернення: 10.07.2023).
9. Полякова І. О. Селекційна оцінка сортових ресурсів льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 27. С. 79–87. DOI: 10.36710/ioc-2019-27-09

10. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (2016, 2017, 2018, 2019). Київ : Міністерство аграрної політики та продовольства України.

11. Полякова І., Поляков О. Ресурси льону олійного в Україні. *Пропозиція*. 26.09.2008. URL: <http://propozitsiya.com/ua/resursi-lonu-oliynogo-v-ukrayini> (дата звернення: 05.08.2023).

12. Чехов А. В., Лапа О. М., Міщенко Л. Ю., Полякова І. О. Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування; за ред. А. В. Чехова. К.: Вид-во «Універсал-Друк», 2007. 56 с.

13. Гаврилюк А. Незбиткова ніша. Газета «*АгроМаркет*», інтернет-ресурс «AGROTIMES». 13.07.2017. URL: <http://www.agrotimes.net/journals/article/nezbitkova-nisha> (дата звернення: 08.08.2023).

14. Шевченко І. А. Місце Інституту олійних культур НААН у структурі насінництва Запорізької області: доповідь. URL: <http://imk.zp.ua/images/doc/dopovid2017.pdf>.

15. Вирощування льону: чи можлива альтернатива соняшнику (публікація від 10.02.2023). URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1413-viroschuvannya-lonu--chi-mojлива-alternativa-sonyashniku> (дата звернення: 10.08.2023).

16. Льон. Коноплі. Бавовник. Режим доступу: <http://www.tsatu.edu.ua/rosl/wp-content/uploads/sites/20/lr.25.lon-konopli-bavovnyk.pdf>.

17. Льонарство: підручник / [В. Г. Дідора, А. С. Малиновський, О. А. Дереча та ін.]; за ред. В. Г. Дідори. Житомир: Вид-во ДВНЗ Житомирський національний агроєкологічний університет, 2008. 488 с.

18. Спеціальна селекція. Льон-довгунець. URL: <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u150/lon-dovgunec.pdf>.

19. Сафонов Ю. М. Економічна ефективність вирощування і переробки льону олійного. *Економіка АПК*. Режим доступу: http://www.agrosvit.info/pdf/3_2011/7.pdf.

20. Максимчук А. О., Махно Ю. О., Левченко В. І. Оцінка селекційних ліній льону олійного за біохімічними показниками олії та масою 1000 насінин. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН* 2017. № 24. С. 102–109.

21. Веретинська І. А., Сухенко Ю. І. Вивчення хімічного складу насіння льону для використання в технології виробництва січених напівфабрикатів. *Наукові доповіді НУБіП*. 2013. 2(38). URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013_2/13via.pdf.

22. Дрозд І. Ф. Жирнокислотний склад насіння льону олійного в умовах західного регіону України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. № 40. С. 72–76.

23. Лях В. А., Полякова І. А., Сорока А. І. Индуцированный мутагенез масличных культур: монография / за ред. В. В. Моргуна. Запорожье: ЗНУ, 2009. 266 с.

24. Малышева А. Г., Сорочинская М. А. Биохимические особенности семян сортов льна масличного. *Бюл. науч.-технич. ВНИИМК*, 1981. Вып. 78. С. 31–33.

25. Верещагін І. В., Кандиба Н. М., Сташко М. Р., Недогибченко А. С. Насіння льону (*Linum usitatissimum* L.) як цінний харчовий ресурс. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія». 2021. Вип. 3(45). С. 18–26.

26. Непорочна О. Т. Якість яєць, м'яса та показники крові курок-несучок при згодовуванні лляної макухи. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2010. № 3(42). С. 35–39.

27. Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу шроту льону на якість хліба. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. Т. 1. Вип. 57. С. 1–5. DOI: 10.15673/2313-478x.57/2015.39738

28. Тараймович І. В. Можливості розширення асортименту продуктів харчування за рахунок місцевої олійної сировини. *Сучасні технології в*

машинобудуванні та транспорті. 2015. Т. 1, № 3. С. 167–171. URL: <http://avtomash.lntu.edu.ua/zb/3/25.pdf>.

29. Маслак О. Привабливість олійного льону. *Агробізнес сьогодні*. 2015. Т. 4, № 299. URL: <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/2664-pryvablyvist-oliinogo-lionu.html>.

30. Товстановська Т. Вирощування льону олійного за технологією ноу-тілл має хороші перспективи для Степу України. *Agrotime*. 09.02.2016. URL: <http://www.agrotimes.net/journals/article/povnij-nul-dlya-lonu>.

31. Мойсієнко В. В., Янішевський Л. І., Маційчук В. М. Густота стеблестою та вологозабезпеченість рослин льону олійного. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. Т. 1, № 2. С. 144–153.

32. Юник А. Особливості вирощування льону олійного. URL: <http://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-viroshchuvannya-lonu-oliynogo>.

33. Рудік О. Л. Особливості формування урожаю льону олійного залежно від терміну сівби та норми висіву в умовах сухого Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 105–111.

34. Товстановська Т. Г., Полякова І. О. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном*. 2007. Т. 1, № 15. С. 156–157.

35. Шевченко І. А., Лях В. О., Поляков О. І., Сорока А. І., Ведмедева К. В., Журавель В. М., Махно Ю. О., Товстановська, Т. Г., Буділка Г. І. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури): монографія. Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.

36. Гобеляк Ю. М. Врожайність насіння льону олійного залежно від норм висіву. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Одеса, 2006. Вип. 35. С. 80–83.

37. Генетическая коллекция вида *Linum usitatissimum* L. (каталог) / В. А. Лях, Л. Ю. Мищенко, И. А. Полякова. Под ред. В. А. Ляха. Запорожье : Институт масличных культур, 2003. 60 с.

38. Махно Ю. А., Товстановская Т. Г., Лях В. А. Изучение качества масла коллекционного и селекционного материала льна масличного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 76–81.
39. Селекція льону олійного (методичні рекомендації) / Укладачі: Лях В.О., Полякова І.О. Запоріжжя: ЗНУ, 2007. 27 с.
40. Полякова И. А. Модель сорта льна масличного для степной зоны. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2015. № 22. С. 26–34.
41. Лях В. А. Теоретические основы создания сортов льна масличного запорожской селекции. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 20. С. 62–71.
42. Махно Ю. О., Лях В. О., Товстановська Т. Г., Сагайдак Є. О. Методи та напрями селекційної роботи з льном олійним в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. № 19. С. 18–25.
43. Толмачев В. В., Ведмедева К. В. Возможности использования генов морфологических признаков в селекции подсолнечника. *Збірник наукових праць Інституту олійних культур УААН*. Запоріжжя, 2002. Вип. 7. С. 50–54.
44. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / [І. А. Шевченко, В. О. Лях, О. І. Поляков, А. І. Сорока, К. В. Ведмедева, В. М. Журавель, Ю. О. Махно, Т. Г. Товстановська, Г. І. Буділка]; Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с
45. Полякова І. О. Селекційна оцінка ресурсів льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 27. С. 79–87.
46. Льон олійний. URL: <http://imk.zp.ua/index.php/kataloh-sortiv-ta-hibrydiv/lon-oliinyi>
47. Каталог сортів та гібридів олійних культур. ІОК НААН України. Запоріжжя, 2009. 42 с.

48. Гуменюк О. Л. Харчова хімія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.051701 Харчові технології та інженерія. Чернігів: ЧДТУ, 2013. 151 с.

49. Особливості стандартизації олійних і ефіроолійних культур. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ros1/wp-content/uploads/sites/20/pr.5.osoblyvosti-standartyzaciyi-olijnyh-i-efiroolijnyh-kultur.pdf>.

50. Махно Ю., Товстановська Т., Е. Алієв. Харчовий напрям використання льону олійного. *Пропозиція*. 14.11.2022. URL: <https://propozitsiya.com/ua/harchoviy-napryam-vikoristannya-lonu-oliynogo>

51. Перегуда О.В., Капустян О.А., Курилко О.Б. Статистична обробка даних: навч. посіб. Київ, 2022. 103 с.

52. Руденко В. М. Математична статистика: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.

53. Товстановська Т. Г., Ніконова В. М., Лях В. О. Порівняльна характеристика сортів льону олійного за господарськими ознаками в умовах південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 33. С. 75–86.

54. Poliakova I., Sokolov V., Molodchenkova O., Bezkravna L., Lyakh V. Biochemical features of seeds in oil flax varieties for special purposes. *Food science and technology*. 2022. 16(4). P. 24–30. DOI: 10.15673/fst.v16i4.2540

55. Drozd I. F., Lyakh V. O., Shpek M. P. Comparative description of oilness of sorts of flax oily in various conditions of growing. *Materialy Jubileuszowej V Ogolnopolskij Mtodziezowej Konferencji Naukowej*. Rzeszow, 2009. P. 20–24

56. Мищенко Л. Ю. Биохимические особенности семян линий льна масличного, различающихся по окраски семени. *Науч.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур*. 2001. Вип. 124. С. 112–113.

57. Голінько В. І. Основи охорони праці: підручник. Дніпропетровськ: НГУ, 2014. 271 с.

58. Одарченко М. С., Одарченко А. М., Степанов В. І., Черненко Я. М. Основи охорони праці : підручник. Харків: Стиль-Издат, 2017. 334 с.

59. Ткачук К. Н., Зацарний В. В. Охорона праці та промислова безпека: підр. Київ: Лібра, 2010. 559 с.
60. Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях. ДНАОП. URL: https://dnaop.com/html/32348_2.html