МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра біології та хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО
«____» _____2025 р.
Зав. кафедри
_____

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ПОЛЬОВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОСОБЛИВОСТЯМИ ФЕНОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНИЧОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

Виконала: студентка IV курсу, з41 групи
освітньої програми: Середня освіта (Біологія та здоров’я людини. Хімія)
спеціальності: 014.05 Середня освіта. (Біологія та здоров'я людини. Хімія)
Жмурко Вікторія Іванівна
Науковий керівник: к.б.н., доцент
Миколайко Ірина Іванівна

Умань – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО (*LINUM* USITATISSIMUM L.) ЯК ЗАСОБУ ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНИЧОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ 6

1.1. Походження, систематика та морфобіологічна різноманітність льону олійного 6

1.2. Відношення культури до екотопічних факторів, особливості її росту й розвитку 11

1.3. Формування природничої компетентності здобувачів освіти засобами польових досліджень 31

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 35

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови району досліджень 35

2.2. Методика проведення фенологічних спостережень за льоном олійним 37

2.3. Організація навчально-дослідницької роботи здобувачів освіти 39

РОЗДІЛ 3. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В УМОВАХ ДОСЛІДЖЕННЯ 40

3.1. Динаміка процесів росту й розвитку сортів льону за різних умов зволоження 40

3.2. Морфологічні особливості сортів льону за різних умов зволоження 49

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛЬОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У ФОРМУВАННІ ПРИРОДНИЧОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ 53

4.1. Освітній потенціал польових фенологічних спостережень у шкільному курсі біології 53

4.2. Організація дослідницької діяльності учнів під час вивчення льону олійного 54

ВИСНОВКИ 62

СПИСОК ВИКОРИСАНИХ ДЖЕРЕЛ 64

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку освіти в Україні характеризується посиленням уваги до формування природничої компетентності здобувачів освіти, розвитку їхнього дослідницького мислення, екологічної свідомості та практичних умінь. Одним із важливих напрямів реалізації компетентнісного підходу є залучення учнів до безпосереднього вивчення природних об’єктів і явищ у процесі польових досліджень та фенологічних спостережень. Такі види діяльності сприяють формуванню навичок аналізу природних процесів, розвитку спостережливості, уміння встановлювати причинно-наслідкові зв’язки між організмами та умовами середовища.

Особливого значення у навчально-дослідницькій роботі набуває вивчення сільськогосподарських культур, які мають важливе господарське значення та добре пристосовані до ґрунтово-кліматичних умов України. До таких культур належить льон олійний — цінна технічна культура, яка характеризується високою адаптивністю, коротким вегетаційним періодом та значною чутливістю до екологічних чинників. Вивчення особливостей фенології та екології льону олійного дає можливість простежити закономірності росту й розвитку рослин залежно від температурного режиму, забезпечення вологою, освітлення та інших факторів навколишнього середовища.

Фенологічні спостереження за льоном олійним є важливим засобом формування природничої компетентності здобувачів освіти, оскільки поєднують теоретичні знання з практичною діяльністю. У процесі спостережень учні набувають умінь проводити дослідження, фіксувати та аналізувати результати, працювати з біологічними об’єктами, оцінювати вплив екологічних чинників на рослинний організм. Крім того, така діяльність сприяє розвитку пізнавального інтересу до біології, екології та аграрних наук, формуванню відповідального ставлення до природи й

усвідомлення значення рослинництва для забезпечення продовольчої безпеки держави.

Актуальність теми зумовлена необхідністю удосконалення методичних підходів до організації польових спостережень у закладах освіти та пошуку ефективних засобів формування природничої компетентності здобувачів освіти в умовах компетентнісно орієнтованого навчання.

Мета та завдання дослідження. Мета роботи – дослідити особливості фенології та екології льону олійного в польових умовах і обґрунтувати можливості використання польових спостережень як засобу формування природничої компетентності здобувачів освіти.

Для досягнення поставленої мети передбачалося виконання таких завдань:

- проаналізувати наукову літературу з питань біології, фенології та екології льону олійного;
- охарактеризувати особливості росту й розвитку льону олійного в умовах дослідження;
- визначити вплив екологічних чинників на проходження фенологічних фаз культури;
- провести польові фенологічні спостереження за рослинами льону олійного;
- обґрунтувати методичні підходи до використання польових спостережень у навчальному процесі;
- оцінити роль дослідницької діяльності у формуванні природничої компетентності здобувачів освіти.

Об’єкт дослідження – процес росту, розвитку та проходження фенологічних фаз льону олійного.

Предмет дослідження – особливості фенології та екології льону олійного і методичні аспекти використання польових спостережень у формуванні природничої компетентності здобувачів освіти.

Методи дослідження: польові фенологічні спостереження, морфологічний опис рослин, порівняльний аналіз, узагальнення наукових джерел, статистична обробка результатів досліджень.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів та розроблених методичних рекомендацій під час викладання біології й екології у закладах загальної середньої освіти, організації навчально-дослідницької роботи учнів, проведення польових практик і фенологічних спостережень.

Апробація матеріалів. Результати досліджень доповідались на науковому студентському гуртку «Агробіологія та інновації» (2024–2026 р).

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел. Роботу викладено на 71 сторінках машинописного тексту, в тому числі основний зміст – 62 сторінках. Вона містить 8 таблиць, 4 рисунків, список використаних джерел включає 71 найменувань.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО (*LINUM* USITATISSIMUM L.) ЯК ЗАСОБУ ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНИЧОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ

1.1. Походження, систематика та морфобіологічна різноманітність льону олійного

Льон надзвичайно пластична культура «Старого світу» переважно зони помірного клімату. Різні напрямки його тривалого використання у рільництві, відмінність агрокліматичних зон вирощування, природна таксономічна несхожість зумовлюють неоднорідність виду як за анатомічними ознаками, так й специфікою біологічних вимог до екотопічних умов середовища. Перші археологічні знахідки культурного льону – *L. usitatissimum* відносяться до неоліту. У різний час льонарство процвітало та відігравало важливу роль в Давньому Єгипті, Месопотамії, Ассирії, на землях теперішньої Індії, Китаю, в Закавказзі [1, 3, 8]. Уже в ті часи проявлялася зонально-побутова специфіка використання рослини, як джерела їжі, олії, виробів із волокна. За матеріалами розкопок скіфські племена у II та й тисячоліттях до нашої ери використовували у побуті вироби з льону, що також підтверджується описами грецького історика Геродота.

Таксономічно льон належить до родини льонові *Linaceae Dum*., який об’єднує 22 родини. Практичне значення має переважно рід *Linum*, що включає більше 200 видів однорічних, багаторічних трав'янистих життєвих форм та віднесений до типу південно-європейський *L. usitatissimum L.* [11, 23, 42]. Більшість видів роду *Linum L.* характеризується широкою екологічною амплітудою відносно визначальних екологічних факторів [25]. За біологічним типом та життєвою формою рослин вид *Linum usitatissimum* представлений терофітами, малорічними трав’янистими монокарпіками.

Хоча на території України нараховують за різними джерелами 22–28 видів, культурний льон *L. usitatissimum* зустрічається тільки у

господарському вирощуванні й ніде в дикому стані не зростає [3, 12, 49]. Сучасне його поширення пов’язане із вторинним місцезростанням як культурної рослини у тому числі ергазіофітом, тому що, за окремими свідченнями, він часто дичавіє [25, 28].

Унаслідок тривалого вирощування людиною та поширення в різні природно-кліматичні зони льон зазнав численних і різноманітних змін. Це зумовило його значний поліморфізм і надзвичайне різноманіття форм. Усі підвиди культурного льону легко схрещуються між собою, а також здатні утворювати плодюче потомство навіть у міжвидових комбінаціях [25, 38].

Питання походження культурного льону та його таксономічної класифікації досі залишається дискусійним, оскільки серед науковців немає єдиної точки зору [18, 27, 40, 45]. На основі досліджень ботаніко-географічного поширення, мінливості та результатів випробувань, проведених Н. І. Вавіловим і Е. В. Елладі, було висловлено припущення про поліфілетичне походження культурного льону. Згідно з цією концепцією, він сформувався на основі двох або трьох видів, які згодом були об’єднані в межах виду *Linum usitatissimum* [40, 42].

Центрами формування різноманіття льону вважаються території Азії та Середземноморського регіону. Генетичне походження крупнонасінних і великоквіткових форм пов’язують із узбережжям Середземного моря, тоді як дрібнонасінні та дрібноквіткові форми характерні для Південно-Західної Азії [46]. Сучасні дослідження підтверджують існування трьох основних центрів походження культурного льону: Індо-Абісинського, Середньо-Південно-Західноазійського та Передньоазійського [18, 41].

Особливості використання льону в різних регіонах світу мають чітко виражений зональний характер. У країнах Південно-Східної Азії його традиційно вирощують переважно як олійну культуру, у Малій Азії — для отримання як волокна, так і олії, а в Єгипті льон використовують комплексно. Такі відмінності обумовлені біологічними особливостями рослин різного походження. Форми північних регіонів відзначаються

ознаками, що сприяють одержанню високоякісного волокна [30]. Натомість у зразків із південних районів більш розвинена репродуктивна сфера, що робить їх придатнішими для виробництва насіння та олії.

Південні раси льону, поширені на території України, Північного Кавказу та південно-східної частини Європи, займають проміжне положення і за своїми характеристиками наближаються до довгунців. М. І. Вавілов пояснював поділ льону на довгунець і кучерявець результатом природного добору за скоростиглістю в напрямку з півдня на північ. Згідно з його даними, основна зона вирощування довгунців розташована в межах 55–60° північної широти, тоді як межеумки поширені переважно між 42° і 50° північної широти [46].

Результати ботаніко-систематичних, географічних і філогенетичних досліджень, виконаних Всесоюзним інститутом рослинництва, стали підставою для поділу виду *Linum usitatissimum* на дві групи. До першої віднесено справжні культурні форми, які були виділені в окремий вид *Linum indehiscens* (Neilr.) Vav. et Ell., а до другої — дикорослі форми, для яких характерні розкривання коробочок і самосів, об’єднані у вид *Linum dehiscens* Vav. et Ell. [42].

Згідно з класифікацією, запропонованою М. І. Вавіловим [46] та Е. В. Елладі [42], у межах культурного льону було виділено три основні підвиди: євразійський (*ssp. eurasiaticum* Vav. et Ell.), індо-абісинський (*ssp. indoabyssinicum* Vav. et Ell.) і середземноморський (*ssp. mediterraneum* Vav. et Ell.). Крім того, дослідники розглядали два проміжні підвиди, які сформувалися як вторинні утворення: індостанський (*ssp. hindustanicum* Ell.) та малоазійський (*ssp. transitorium* Ell.) [42]. Подальший розвиток і уточнення цієї систематики були представлені в роботах С. В. Юзепчука [429]. Аналогічних поглядів на класифікацію олійного льону дотримувався також професор І. А. Мінкевич [23].

Разом із тим, через високу здатність льону до міжформових схрещувань і значну екологічну пластичність, анатомічні та морфологічні ознаки не

завжди можуть слугувати достатньо надійними критеріями для його систематизації. На це звертали увагу також І. О. Сізов та А. Р. Рогаш [33]. З метою більш детальної класифікації І. О. Сізов запропонував поділ основних ботанічних груп льону на льон-довгунець, льон-межеумок і льон-кучерявець. При цьому визнавалася наявність спільних ознак у суміжних груп, особливо серед форм кучерявцю, що ускладнювало їх чітке розмежування. Залежно від таких характеристик, як висота рослин, якість волокна, маса насіння, вміст олії та ареал поширення, довгунці та межеумки додатково поділялися на різновиди першого і другого порядку [33].

Найбільшого поширення в селекційній практиці набула класифікація льону, розроблена І. О. Сізовим і вдосконалена Н. М. Черноморською та А. К. Станкевич. Вона базується на комплексній оцінці біологічних, морфологічних і господарсько цінних ознак рослин, зокрема висоти, ступеня кущистості, форми куща, облистяності, тривалості вегетаційного періоду та розмірів насіння. Відповідно до цієї систематики, у межах виду *Linum usitatissimum* L. виділяють п’ять підвидів, або морфобіологічних груп, які характеризуються певною географічною приуроченістю та напрямом господарського використання: льон-довгунець (*subsp. usitatissimum*), льон-межеумок (*subsp. intermedium*), льон-кучерявець (*subsp. humile*), льон крупнонасінний (*subsp. latifolium*) та льон сланкий, або напівозимий (*subsp. bienne*). Найбільше практичне значення мають перші три підвиди [34, 35, 41].

Завдяки науковій обґрунтованості, простоті застосування та зручності для виробничої й селекційної практики ця класифікація отримала широке визнання серед науковців і фахівців галузі [19]. Особливо важливим є чітке виділення підвидів, які найчастіше використовуються в інтенсивному землеробстві: *Linum usitatissimum* L. *subsp. usitatissimum, subsp. intermedium* та *subsp. humile*.

Узагальнюючи морфологічні особливості та технологічні властивості різних форм льону, Т. В. Никитинська та співавтори [25] дійшли висновку, що межеумки займають проміжне положення між основними підвидами та

найбільш повно відображають агроботанічні характеристики виду *Linum usitatissimum* загалом.

На початковому етапі селекційних досліджень одним із пріоритетних завдань Всесоюзного науково-дослідного інституту олійних культур (ВНІІМК) було створення на основі межеумків сортів льону подвійного призначення, придатних як для отримання насіння, так і волокна [26]. Сучасна модель такого сорту передбачає формування рослин висотою 80–85 см, масу 1000 насінин на рівні 6–8 г та тривалість вегетаційного періоду 80–90 діб [20]. Фахівці Інституту луб'яних культур пропонують розширену класифікацію культурного льону, у межах якої виділяють шість самостійних типів: льон-довгунець (*L. usitatissimum* L.), льон-межеумок (*L. intermedium* Crer.), льон-кучерявець (*L. humile* Mill.), льон крупнонасінний (*L. latifolium* L.), льон сланкий або напівозимий (*L. bienne* Mill.) та льон-стрибунець (*L. crepitans* Dum.) [28]. Згідно з систематикою W. Kulpa та S. Danert, вид культурного льону поділяється на кілька підвидів. До них належать: *subsp. crepitans* (Boenningh.) Kulpa et Danert — розтріскуючий льон; *subsp. elongatum* Vav. et Ell., що об'єднує форми льону-довгунця; *subsp. mediterraneum* (Vav. et Ell.) Kulpa et Danert — крупнонасінний льон; а також *subsp. usitatissimum* L. і *subsp. transiens* (Ell.) Rothm., які представляють проміжні форми подвійного використання. У межах останньої групи можливий подальший поділ на два морфотипи: *convar. intermedium* Czernom. (льон-межеумок) та *convar. humile* Czernom. (льон-кучерявець) [45, 50].

Достовірність цієї систематики підтверджується результатами молекулярно-генетичних досліджень із використанням методу RAPD-PCR, проведених на 21 сорті льону, які належали до п'яти різних підвидів [19, 25]. Водночас, незважаючи на значний обсяг фундаментальних досліджень, єдиний підхід до визначення кількості підвидів культурного льону досі не сформовано. У науковій літературі трапляються різні трактування таксономічної, еволюційної та історико-географічної структури роду *Linum*. Така невизначеність ускладнює проведення порівняльних досліджень і

координацію діяльності країн-учасниць Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин (UPOV) у сфері правової охорони селекційних досягнень.

З практичної точки зору для агровиробництва доцільно виділяти три основні групи культурного льону. До першої належить льон-довгунець, який вирощують переважно для отримання волокна. Другу групу становить низькорослий олійний льон, адаптований до умов посушливого клімату та призначений головним чином для виробництва насіння й олії. Третю групу утворюють проміжні форми, основною продукцією яких є насіння, однак солома цих сортів також може використовуватися як джерело волокнистої сировини.

Льон олійний – більше господарський термін, що включає в себе два підвиди: межеумки та кучерявці, серед яких більше значення мають саме межеумки (*intermedia*) [6]. Взагалі їх біологія краще відповідає умовам Лісостепової та Степової зони України, де вони є більш урожайними та можуть мати подвійне використання для отримання насіння та соломи.

Таким чином, враховуючи можливість схрещування, сильної реакції на умови та елементи агротехніки не проявляється чітко виражений поділ об’єктів на різновиди *Linum humile* Mill – льон низький (олійний, кучерявець) та *intermedium* Czernom. – ssp., льон межеумок за масою 1000 насінин, висотою, вмістом волокна тощо. Умови вирощування, особливо загущення, вологозабезпечення, температурний режим та зміна тривалості світлового дня у розрізі географічних широт, істотно впливають на морфологічні та анатомічні параметри рослин, що через значну амплітуду коливань ознак ускладнює їх ідентифікацію.

1.2. Відношення культури до ектопічних факторів та особливості росту й розвитку

Підвиди льону олійного призначення відносяться до мезоксерофітної групи однорічних рослин. У їх життєвому циклі розрізняють п’ять основних

фаз росту й розвитку: 1) сходи; 2) ялинка; 3) бутонізація; 4) цвітіння; 5) достигання. Оскільки на якість волокна суттєво впливає стан льону на час збирання, то протягом фази дозрівання довгунців виділяють період зеленої, ранньої жовтої, жовтої та повної стиглості, що відображено в ДСТУ 4511: 2006.

Фаза сходів визначається як період появи на поверхні ґрунту сім'ядольних листочків й невеликої бруньки між ними. Як типова дводольна рослина льон проростає появою з ґрунту гіпокотилю, який виносить на поверхню сім'ядольні листочки у насіннєвій оболонці. Після їх звільнення від неї, відбувається повне розкриття та досягнення горизонтального положення листкових пластин, що є моментом настання фази сходів.

З технологічної та біоморфологічної точок зору важливим етапом онтогенезу льону є фаза «ялинка», яка характеризується уповільненими темпами росту надземної частини рослин. У льону-довгунця цей період охоплює проміжок від формування першої пари справжніх листків до появи 5–6 пар справжніх листків. Для льону олійного в науковій літературі відсутній єдиний підхід до визначення меж зазначеної фази. Більшість дослідників вважають, що фаза «ялинка» настає за висоти рослин 8–10 см та наявності 5–7 пар справжніх листків на стеблі [6]. Водночас окремі автори пов'язують її початок із формуванням 8–10 пар справжніх листків за висоти рослин 5–7 см [44], тоді як інші трактують цей період значно ширше – від появи повних сходів до початку бутонізації [11]. Незважаючи на певні розбіжності у визначенні морфологічних ознак фази, з агротехнологічного погляду вона має особливе значення, оскільки саме в цей період здійснюється застосування страхових гербіцидів у посівах льону [2].

Фаза «бутонізація» охоплює період від появи перших бутонів до початку їх розкриття. Її початок фіксують за формування першого бутона на верхівці головного пагона, а завершення – після його переходу у фазу квітки [44, 52].

Фаза «цвітіння» настає з моменту розкриття певної кількості квіток на рослинах. Період між завершенням фази «ялинка» та початком цвітіння

характеризується інтенсивним ростом рослин і визначається як «період швидкого росту» льону. Особливістю культури є незавершений тип розвитку, що зумовлює її здатність за сприятливих умов, насамперед за достатнього забезпечення вологою, повторно формувати генеративні органи та відновлювати цвітіння. Хоча такі процеси суттєво не впливають на рівень урожайності, вони призводять до нерівномірності достигання рослин і можуть ускладнювати проведення збиральних робіт [11].

Період «достигання» у льону-довгунця триває від цілком сформованогозеленого насіння до їх повної стиглості, та послідовно проходять чотири ступеня стиглості. Фаза «зелена стиглість», під час якої насіннєві коробочки повністю сформовані, мають зелений колір, містять 25–35% недостатньо виповненого насіння. Фаза «рання жовта стиглість» відмічається коли 65–75% насіннєвих коробочок мають жовтий колір й містять блідо-зелене насіння з жовтим носиком. Решта насіннєвих коробочок – жовті з жовтим насінням й лише окремі насіннєві коробочки зелені з зеленим насінням або бурі з коричневим насінням. Фаза «жовта стиглість» визначається за ДСТУ 4511:2006 як період, коли 50% насіннєвих коробочок мають жовтий колір й містять жовте насіння. Решта коробочок бурі із коричневим насінням та жовто-зелені із блідо-зеленим насінням та жовтим носиком. Фаза «повна стиглість» характеризується сухими коробочками бурого кольору та коричневим насіння.

Збирання льону олійного проводять при дозріванні не менше 75% коробочок, а льону-довгунця, щоб забезпечити найвищу якість волокна, у фазу «рання жовта стиглість» [3, 29].

Відповідно до дванадцятирівневої систематики етапів органогенезу рослин, розробленої Куперман Ф. М. [19], для льону олійного Алабушев В.А. та інші [6] запропонували схеми взаємозв’язків фаз росту й розвитку із етапами органогенезу та формування продуктивності.

За методологією шкали ВВСН [29] для льону олійного була запропонована відповідна модель кодування фенологічно подібних стадій

[43]. Аналогічна шкала етапів онтогенезу також була розроблена для льону довгунця [44]. Різниця між ними зумовлена об'єктивними морфологічними відмінностями. У розрізі мікрофаз повністю співпадають або присутні несуттєві відмінності макрофаги: 0 – проростання; 1 – росту й розвитку листя головного пагону; 6 – цвітіння головного пагону; 7 – розвитку плодів; 8 – дозрівання плодів та насіння; 9 – відмирання. Проте у льону довгунця повністю відсутня макрофаза 2 та передбачено більш деталізований підхід у визначенні мікрофаз в межах макрофази 3 – ріст у довжину головного пагона; та 5 – закладання квіток. Льон класично відносять до групи польових культур із найменш розвиненою кореневою системою, що переважно проникає у ґрунт на глибину 60–80 см, хоча зазначається, що в посушливих умовах вони можуть сягати глибше 1 м [16, 29].

Для льону характерна стрижнева коренева система із добре розвиненим головним коренем та боковими розгалуженнями першого та наступних порядків. Головна маса бокових коренів формується в межах верхнього 0–30 см шару ґрунту, що зумовлює обмеженість її розвитку, а коренева система становить 15–20% біологічної маси. Для степової рослинності вона досягає 50% та більше. Висока посухостійкість культур забезпечує висока всмоктувальна здатність рослини. Проростки льону демонструють високу ступінь пластичності та змінюють тактику розвитку залежно від коливання зовнішніх умов, що проявляється в припиненні розвитку частини перемордіїв на тривалий час та відновлення його у різні строки [27].

У вегетаційних дослідах проведених у сільськогосподарському коледжі Гізи Єгипту найбільша маса коренів зосереджувалася у верхньому 5 см шарі, при зрошенні близько 65,5% – на глибині 10 см та лише 23,7% проникли до 20 см. При нестачі вологи корені були тоншими, мали більше відгалужень та проникали глибше [58].

У льону спостерігається певна ієрархія кореневої системи. Головний корінь та корені вищого порядку більш розвинені, товщі, розгалужені та мають більшу довжину, порівнюючи із такими але нижчого рангу. Найбільш

активне галуження відмічається в гумусовому горизонті та суттєво зменшується до глибини 50–60 см. Нижче розташовуються короткі бокові корені довжиною до 20 см. При цьому ступінь розгалуження, особливості розташування на головному корені та за профілем ґрунту, довжина головного та бічних коренів визначається ґрунтово-кліматичними факторами, умовами вирощування, та, навіть, приналежністю сортів до одного чи іншого підвидів [13].

Коріння льону тонке та має відносно невисоку опушеність кореневими волосками, що об'єктивно ускладнює їх облік. Проте, саме за рахунок кореневих волосків поглинальна площа кореня зростає в 20–30 разів. За довжиною коренів у півметровому шарі ґрунту льон поступається лише вівсу та значно випереджає такі культури як пшениця озима та ячмінь [31]. У цих культур зона поглинання у верхньому шарі ґрунту значно більша, ніж у інших, коріння майже повністю охоплює весь пласт ґрунту.

За глибиною проникнення, ступенем розгалуження кореневої системи та товщиною коренів підвиди льону умовно можна розташувати у послідовності довгунці; межеумки; кучерявці, крупнонасінні, сланкі. Як і у більшості культур головний корінь льону швидко росте протягом перших діб проростання та на час появи сходів може заглиблюватися на 8–10 см. Високі темпи подовження зберігаються протягом фази ялинка , що проходить на фоні повільного росту наземної маси. Причому в посушливі роки коренева система розвивається більш потужно й глибокою [62, 23]. Тому в умовах великих та глибоких ґрунтових запасів вологи й посушливого літнього періоду різниця у споживанні вологи в шарах 1–100 та 0–150 см складала 52 мм, тоді як у рік із незначними запасами ґрунтової вологи та вологого літа лише 3 мм [7].

Найбільш глибоко корені проникають, коли на початку вегетації є достатньо вологи для інтенсивного росту наземної маси, а надалі рослині доводиться забезпечувати себе вологою із глибоких горизонтів [24].

Відмінною особливістю льону є безперервний ріст коріння у глибину

практично до постгенеративного періоду. За даними Купцова А. И. [13] на час цвітіння льону олійного довжина його кореня складає близько 75% від остаточної, що дозволяє рослині використовувати вологу нижніх шарів ґрунту в генеративний період.

Іншим показником оцінки кореневої системи є її поглинальна здатність. Узагальнюючи проведені наукові дослідження Дьяков А. Б. [11] відмічає низьку всмоктуючу силу льону порівняно з іншими польовими культурами. Його коефіцієнт в'янення, визначений методом проростків коливався в межах від 1,69 до 1,92 від максимальної гігроскопічної вологості, тоді як для пшениці він був у межах від 1,3 до 1,6 [7, 20].

Листя льону сидяче ланцетне або широколанцетне, з восковим нальотом, із розмірами, що можуть суттєво коливатися залежно від підвиду та умов вирощування. Нижні 2–3 пари листкових пластинок супротивні з поворотом наступної пари у 90^{o}, однак подальші поступово починають розташовуватися вздовж стебла по спіралі почергово, що раціонально для освітленості [11].

Для морфотипу ялинка характерне високе зосередження листкових пластинок, однак по завершенні цієї фази відстань між ними різко зростає. У межеумків більша кількість листя на одиницю дожини стебла. У сортів степової зони України на 1 см припадає 0,9 до 1,2 листкових пластинок. Довгунці мають більш вузьке листя, що більш розосереджене від 0,57 до 0,9 шт./см. Проявляються також ознаки різного географічного походження. За даними Сізова І. О. [34] облистяність зростала від 0,79 шт./см стебла у льону довгунця, до 1,12 у Грузинського кучерявця та 1,94 шт./см у Ефіопського кучерявця.

Зачатки листя (примордії) закладаються в конусі наростання, а їх кількість визначається генотипом сорту. Проте скорочення довжини світлового дня зумовлює збільшення тривалості періоду їх формування та відповідно кількості листя [34, 34]. За рахунок кількості листя та їх розмірів площа листкової поверхні рослин льону досягає найвищого значення на

початок цвітіння. З початку фази зеленої стиглості відбувається зменшення асиміляційної поверхні за рахунок швидкого старіння та відмирання листя [35].

Стебла льону мають непучковий тип будови із кільцевим розташуванням флоеми та ксилеми як первинного, так і вторинного походження [11]. Стебло є господарсько-корисною частиною для льону довгунця та межеумків, що мають подвійне використання. Враховуючи високу подібність будови та хімічного складу стебел льону різних підвидів, вирощування його лише для отримання олії є обмеження економічної, енергетичної та ресурсної ефективності використання її потенціалу. При цьому такі характеристики стебла як загальна та технічна довжина, вміст лубу безпосередньо чи опосередковано покладені в основу біологічної систематики виду. Висота рослин обумовлює технічну довжину стебла, коефіцієнт кореляції між якими досягає 0,98. Найбільші показники загальної та технічної довжини, у середньому, характерні для льону довгунця (78 та 71 см, відповідно), льону розтріскуючого (69 та 54 см) та сланкого (69 та 55 см), а самі низькі для льону кучерявцю (61 та 52 см) й крупнонасінного (58 та 48 см) [25].

Для льону як виключно олійної культури, висота стебла повинна бути не меншою за 40–45 см, що забезпечує стійкість до полягання та дотримання вимог комбайнового збирання. Суцвіття повинно складати одну третину. Діаметр соломи не обмежується, проте він повинен запобігти поляганню маси [321, 331]. При цьому передбачається, що висота зрізу при двофазному збиранні складатиме 10–15 см [32, 37].

Абсолютно інший підхід до висоти рослин льону довгунця, як одного із провідних показників якості, що забезпечується як селекційними, так і агротехнічними заходами. Найбільш бажаною є його висота більше 70 см, а товщина стебла 1–2 мм [29].

Аналізуючи процеси росту й розвиту, а також диференціації тканин стебла льону культурного Дьяков О. Б. [11] виділяє три періоди. Перший

етап триває протягом формування на конусі наростання стебла зародкових листочків (примордіїв) та закінчується із утворенням квіткових бугорків. Цей процес відбувається протягом фази ялинка , а лінійний ріст забезпечує переважно верхівкова апікалярна меристема. На цьому первинному етапі відбувається основа подальшого швидкого росту стебла та формування у ньому луб'яних волокон. Утворення примордіїв супроводжується формуванням тяжу прокамбію, із якого утворюється судинно-провідний пучок у флоемі якого виникають луб'яні волокна.

Другий етап розпочинається після диференціації квіткових бугорків коли акреаційний ріст припиняється й подовження стебла відбувається за рахунок росту раніше сформованих клітин, внаслідок чого швидкість лінійного росту зростає в 3–10 разів. Зона росту розташована в межах до 5–7 см верхівки пагона. В цей час луб'яні волокна представлені нечисленними клітинами округлої форми із дещо потовщеними оболонками розташованими на межі між корою та провідною тканиною. У фазі ялинка волокна розташовані на периферії поодинці, проте їх частка швидко зростає [32]. При цьому клітини луб'яних волокон раніше прискорюють ділення, ростуть більш тривалий час, що забезпечує суттєве збільшення їх довжини. У фазу швидкого росту луб'яні волокна розташовуються у вигляді компактних пучків. У подальшому, у фазу бутонізації, відбувається потовщення їх оболонок за рахунок формування вторинної стінки кожного волокна, що зумовлює зменшення внутрішньої порожнини. Подовження та диференціація клітин луб'яних волокон повністю припиняється із завершенням періоду швидкого росту стебла [11].

Третій етап розпочинається від фази цвітіння. Анатомічна будова стебла зберігається, відбувається подальше потовщення клітинних стінок луб'яних волокон, проходить дозрівання, формування та потовщення луб'яних пучків.

Анатомічно стебла льону, незалежно від підвиду, складаються із різних за будовою та призначенням подібних тканин. У поперечному розрізі зовні розташована покривна тканина, за якою у напрямку до центру йде

послідовно шар коркової паренхіми, тонкий прошарок камбію та наступні шари деревини й серцевини [28]. У шарі коркової паренхіми по довжині стебла розташовуються, округлої форми у поперечному розрізі, волокнисті пучки лубу (склеренхіма), які місцями можуть торкатися один одного формуючи кільце. Пучки волокон розміщуються у первинній корі (флоемі) й є елементами первинного походження.

Аналізуючи генезис луб'яних волокон Е. І. Кошкін та ін. [18] виділяють три послідовні етапи: диференціації; подовження (координованого та інтрузивного росту); потовщення клітинної стінки та дозрівання. Волокна льону утворюються із первинної тканини (перициклу) самого внутрішнього шару паренхімних клітин кори ще в конусі наростання. Молоді волокна можна вже ідентифікувати на рівні 4–5 примордію приблизно за 0,5 мм від точки росту. Спочатку ці клітини ростуть скоординовано із іншими, однак згодом раніше припиняють ділення внаслідок чого їх довжина зростає до 100–200 мкм при діаметрі 4–7 мкм. На відміну від інших тканин, що припиняють ріст, луб'яні волокна продовжують видовжуватися, протискуючись кінцями між іншими клітинами (інтрузивний ріст). Якщо координований ріст триває декілька годин, а інтрузивний – близько двох діб, то третій етап потовщення стінки та дозрівання волокна триває до завершення вегетації [17, 25].

Гістологічний аналіз стебел льону свідчить, що щільні групи луб'яних волокон із товстими стінками та маленькою порожниною в середині являють собою якісне технічне волокно, тоді як розпорошено розташовані розрізнені луб'яні волокна із відносно тонкими стінками та великою порожниною всередині формують технічне волокно невисокої якості [6].

Кільце коркової паренхіми обмежується тонким шаром клітин камбію, які при дозріванні відмирають. Меристема у вигляді камбіального кільця (вторинна) формується внаслідок змикання міжпучкових та пучкових прокамбіальних клітин (первинних). Камбій забезпечує вторинний ріст у товщину стебла формуючи на зовні вторинну кору, а всередину вторинну

деревину.

Деревина представлена клітинами й потовщеними стінками. У центрі деревини розташована серцевина, клітин якої руйнуються при дозріванні рослини, де формується порожнина [21]. Між діяльністю первинних та вторинних меристем існує певний антагонізм. Посилена активність камбіальної меристеми пригнічує перицикл.

Господарсько-цінна частина стебла – луб'яні волокна являють собою товстостінні сильно видовжені, із загостреними кінцями, клітини (елементарні волокна), які об'єднані у щільному волокнистому пучку. У поперечині елементарні волокна мають округлу чи овальну форму, яка змінюється по його довжині. Більш цінною вважається багатокутна форма елементарного волокна, при невеликій порожнині всередині, оскільки при цьому відбувається найбільш щільне прилягання клітин між собою [30].

Довжина елементарного волокна може змінюватися від 20–30 до 120 мм, а в поперечині – 20–30 мікрон. По довжині елементарні волокна дещо зміщуються один відносно одного, формуючи безперервний пучок протягом усього стебла. Спостерігається також деяке скручування волокон по спіралі, що впливає на його механічні властивості. Волокна льону більше, ніж на 80% представлені целюлозою, але присутні також пектинові речовини та лігнін [7, 17, 36]. Міцність елементарного волокна забезпечує його будова та хімічний склад. Дослідженнями встановлено, що стінка клітини складається із трьох шарів (оболонок) різних за хімічним складом [40].

Ключовим для формування луб'яних волокон у льону довгунцю Є.І. Кошкін та ін. [18] вважає період швидкого росту стебла, протягом якого в рослині представлені клітини склеренхіми на головних етапах формування, після чого процес їх подовження закінчується. Тому всі характеристики якості волокна, їх довжини визначаються на стадії швидкого росту й в подальшому не змінюються. У наступні етапи розвитку апікалярна меристема формує суцвіття, точка злому зникає, а у елементарних волокнах відбуваються процеси потовщення клітинної стінки та дозрівання волокна.

Усі підвиди льону культурного подібні за анатомічною та гістологічною будовою стебла, однак різняться за кількісними та якісними характеристиками їх окремих елементів. У льону-довгунця більш виражена здатність формування лубу, ніж деревини, у інших культурних підвидів, навпаки, діяльність камбію пригнічує активність перициклу [29]. Порівняно із довгунцями, олійні сорти у період швидкого росту меншою мірою подовжують стебло, більше закладається суцвіть. Формуються закономірні відмінності між підвидами різних напрямків використання.

Вміст волокна у стеблах рослин поступово зменшується у ряду льон сланкий, межеумок, розтріскуючий, кучерявець, крупнонасінний, відповідно із 25,1%, до 25,2, 24,67, 23,8, 23,1%, що відображає напрями секційного та природного відбору відповідно до географічного районування [24]. Однак суттєво впливають на формування стебла та луб'яних волокон зональні та зовнішні умови росту, а також особливостей вирощування [29].

Проведені Т. М. Фадєєвою [39] анатомо-морфологічні та якісно-технологічні дослідження морфотипів льону межеумку та льону довгунця свідчать про їхню подібність при вирощуванні з густотою стояння рослин 405 шт./м. погонний (міжряддя 45 см) порівняно із загущенням 112 шт./м.п. (міжряддя 15 см).

Важливою ідентифікаційною ознакою, що також впливає на продуктивність та якість волокна та насіння є галуження. Для льону олійного та льону довгунця воно є супротивним [22, 34].

У льону виділяють три, а у деяких джерелах – два види галуження. Так, О. М. Синська [34] розрізняла у льону пагони трьох типів: пагони кущіння (прикореневі, базальні); короткі гілочки по довжині головного пагону; пагони китиці суцвіття. Пагони по довжині стебла із пазух листя зустрічаються рідко, за специфічних умов.

Характеризуючи льон культурний О. В. Елладі [44] виділяла галуження у основі стебла та галуження суцвіття, що було ідентифікуючим для поділу підвидів на крупні географічні групи proles та subproles.

Вивчаючи влив умов середовища на мінливість й успадкування деяких морфологічних ознак, Калініна О. Ю., Лях В. О. [14] під бічними стеблами розуміли прикореневе галуження рослин, кількість стебел, окрім головного, що утворюються на рівні ґрунту та йдуть від кореня, під бічними пагонами – галуження головного й бокових стебел. Ними відмічена велика експресія цих ознак від умов зовнішнього середовища, пригнічуючий вплив посухи й високих температур на галуження й висоту рослин.

В усіх форм культурного льону є потенційна на можливість галуження не тільки у верхній частині стебла при утворенні суцвіття, а й у нижній – від підсім'ядольного коліна. Вищою схильністю до кущіння відрізнялися межеумки та кучерявці, порівняно із довгунцями із якими проводився відбір на одностебловість [34]. Встановлено, що хоча умови південних зон сприяють саме галуженню, а не росту стебла у висоту, визначальне значення має площа живлення. При густоті 10 тис. шт./м^2 навіть у схильних до галуження форм азербайджанського та малоазійського походження формувалося не більше, ніж 3 стебла. У той же час довгунці при загущенні 100–200 шт./м^2 часто формують 1–2 додаткових стебла. Причому короткий добу протягом світлової фази (20–33 діб від сходів), сприяв посиленому формуванню потовщеного кореня, під сім'ядольного коліна та додаткових пагонів.

Можливість рослин льону адаптуватися до різної доступності ресурсів зовнішнього середовища, у тому числі площі живлення, забезпечується наявністю механізмів регуляції кількості пагонів у відповідності до конкретних умов місця зростання [30, 39]. Діє суворе підпорядкування черговості пробудження (або відчуження) базальних, та пазушних бруньок, відповідно до наявності ресурсів для забезпечення головного пагону та пагонів вищого порядку [11]. У дослідженнях О. М. Сінської [34] та І.О. Сізова [340] є свідчення про нерівномірність розвитку бокових прикореневих пагонів у льону довгунця. Можливим поясненням такого явища є апікальне домінування яким підтримується ієрархічність розвитку та

зумовлюється різноякісність таких пагонів [34].

Іншою ідентифікаційною ознакою є висота галуження, яка оцінюється за відношенням загальна/технічна довжина. Довгунці переважно формують компактне суцвіття, що складає від 10 до 20% висоти рослини, а для сортів олійного призначення цей відсоток суттєво більший. Системою агротехнічних заходів технічну довжину підвищують до 90–95% [11, 46].

Враховуючи, що у межеумків суцвіття формується на верхній 1/3 стебла, а кучерявців – на 2/3 його висоти, Т. М. Фадеєва [32] запропонувала морфологічний критерій селекційного відбору форм та оцінки реалізації потенціалу сорту в конкретних умовах. Співвідношення маси насіння та соломи у волокнистих форм складає 0,1–0,2, тоді як олійних – більше 0,2.

Льон самозапильна рослина, хоча доведена можливість перехресного запилення комахами чи вітром від 0,15 до 1,25% особин. Початок розкриття квіток льону та опадання пелюсток визначається погодними умовами й може тривати від 5 годин за посушливих умов, до 10 годин – за похмурної погоди. Однак за дощової погоди квіти не розкриваються [32]. Тривалість цвітіння, дозрівання пилку та запліднення однієї рослини залежить від метеорологічних умов та сортових особливостей [3, 41].

Через галуження період цвітіння сортів олійного призначення триваліший. Воно розпочинається із квітки верхівки головного пагону, поширюється на квіти гілочок другого та наступних порядків. На час цвітіння квітка досягає верхівки суцвіття, що за рахунок росту китиці зумовлює збільшення висоти рослини.

Сорти льону довгунця мають переважно менші коробочки, ніж межеумки та кучерявці. Максимально в одній коробочці може сформуватися 10 насінин.

Насіння льону плоске, яйцеподібної форми з вузьким дещо загнутим носиком, забарвлення змінюється у різних відтінках від світло-жовтого темно-коричневого кольору, маса 1000 шт. змінюється від 3 до 13 г. Як правило, у льону довгунця насіння менше за розмірами та масою. Маса та

колір насіння є спадковими сортовими ознаками. Маса 1000 насінин сучасних сортів льону олійного призначення може змінюватися від 6,5 до 9,0 г [54].

Насіння льону культурного містить від 35 до 50 % висихаючої олії з йодним числом 175–195 [6]. Засобами селекції за сприятливих умов олійність може бути підвищена до 55% у перерахунку на суху речовину [15].

Вміст олії різниться в екологічних та господарських груп льону та проявляє чітко виражену спадкову мінливість. У колекції Всесоюзного інституту рослинництва вміст олії у зразках льону довгунця складав 36–39%, льону межеумку 38–42%, а кучерявців 36–44% [33]. Дещо другі величини, але із збереженням зазначеної закономірності, приводять інші дослідники, що може бути результатом також селекції та агротехніки [6, 25].

Льон культурний, як культура космополіт, має широкий ареал розповсюдження своїх підвидів. Проте ареали підвидів, маючи чітку географічну та кліматичну зональність, поступово переходять від північних областей виключно поширення мезофіту льону довгунця до південних, характерних для мезоксерофітів кучерявцю та сланкого. Вирощування льону кучерявцю притаманне для Нечорноземної зони, льон межеумок – характерний для Лісостепової та Степової зони, тоді як кучерявці розміщуються в зоні Сухого Степу та південніше [31, 42].

Сприятливою для льону довгунця є зона в інтервалі ізотерм за вегетаційний період від 1400 до 2200°С та кількістю опадів за цей період – від 150 до 250 мм. Для формування урожаю та якості волокна оптимальними є умови, коли за травень та червень випадає 110–120 мм опадів [29]. Південна зона поширення довгунців вважається початком зони вирощування льону олійного, який здатний зростати на територіях із ширшим діапазоном мінливості показників теплового та вологозабезпечення. Вони розміщуються переважно на чорноземних та каштанових ґрунтах.

Для повного циклу онтогенезу льону олійному потрібна кількість безморозних діб не менше 80–90, із сумою середньодобових температур

1600–1800°С [32], а за окремими даними – не менше 1700–2000°С [43].

Базуючись на комплексному підході в оптимізації розміщення соняшника та льону В. А. Смірнова [31] визначала зону вирощування останнього від південної межі розповсюдження льону довгунця до північного рубежу зони поширення соняшника та південніше, де вирощування остатнього є економічно недоцільним. Однак, враховуючи час повернення соняшника на попереднє поле, присутність двох олійних культур є необхідним, оскільки вирішує проблему розміщення групи озимих культур [33].

За біологією льон помірно вибагливий до тепла. Мінімальна температура його проростання складає 3–5°С, сходи, без наслідків, переносять пониження температур до -4°, а за окремими джерелами – до -6° С [55]. Доведено вищу стійкість до низьких температур посівів на стадії проростків, порівняно із ювенільними рослинами [3, 19, 26]. Пошкодження рослин весняними заморозками може викликати зрідження посівів та посилити базальне галуження [37].

На початкових етапах онтогенезу вимоги до тепла у підвидів є практично незмінними, хоча більш холодостійкими є довгунці. Однак у подальшому, спостерігаються відмінності. Високе стебло із більшим вмістом волокна формується за помірних температур (15–18°С) та незначним коливанням протягом дня та ночі [30]. На генеративній стадії льон олійний потребує більш високих температур. Оптимальною для фази цвітіння є температура 20–22°С, а її зниження в період наливу насіння понад 12°С зменшує олійність на 2–3% [44].

Вимоги довгунцевих та олійних форм до вологи суттєво різняться, що є наслідком екологічної адаптивності. Льон-довгунець дуже вибагливий до вологи, особливо від сівби до цвітіння. Достатня кількість опадів та рівномірний їх розподіл за період травень – червень зумовлюють високий урожай волокна [22, 24], проте високий рівень ґрунтових вод недопустимий [13, 53]. Достатнє вологозабезпечення від початку цвітіння до жовтої

стиглості сприяє формуванню великої урожайності насіння. У подальшому потреби у волозі є несуттєвими.

На утворення одиниці сухої речовини протягом вегетації льон-довгунець споживає 400–430 одиниць води. За оптимальні умови вологозабезпечення М. Г. Объедков [25] вважає надходження не менше 100 мм опадів за період «сходи - цвітіння», а також вологість ґрунту в фазу ялинка – 60%, цвітіння – 80 та дозрівання – 40–60% від найменшої вологоємності.

Відомі значно вищі значення транспіраційного коефіцієнта культури – 900 та більше [17]. Він суттєво зростає за обмеженого водоспоживання на фоні високих температур та сонячної інсоляції [18]. Олійні, особливо кучерявці, завдяки більш розвиненій кореневій системі, стійкіші до негативного впливу посухи. Однак і їх транспіраційний коефіцієнт (650 одиниць) значно вище, ніж у зернових культур [35]. За даними інших джерел на формування одиниці сухої речовини льон витрачає 320–400 одиниць води [45]. У зоні проведення досліджень відмічено також великий діапазон коливання коефіцієнта водоспоживання льону олійного – від 1216 до 2460 $м^3$/т, при вирощувані без зрошення та від 1380 до 1470 $м^3$/т – при зрошенні [3, 23, 27].

За рівнем розвитку кореневої системи й споживання вологи із ґрунту, на думку Брайан Мак Конки [24], льон олійний прирівнюється до чечевиці та значно поступається польському ріпаку, нуту, ячменю, пшениці та гірчиці.

На початку вегетації рослини переважно забезпечені ґрунтовими запасами вологи, тому відсутність опадів до закінчення фази ялинка несуттєво впливає на урожайність насіння. Максимальне споживання вологи співпадає із періодом інтенсивного росту [7, 48]. Дощі у період завершення цвітіння – дозрівання несуттєво впливають на кількість коробочок та насіння, проте викликають подальше галуження, утворення нових бутонів, їх цвітіння, що сповільнює підсихання маси та ускладнює збирання врожаю. Посуха ж послаблює галуження, скорочує фазу цвітіння та зменшує масу 1000 насінин.

Дослідження П. П. Гладкого [2] свідчать про негативний вплив дефіциту

вологи на будь якому етапі та високу адаптивність льону. Посуха у фазу ялинка зменшує висоту рослин та обмежує нижнє галуження, однак подальші сприятливі умови, за рахунок підвищення продуктивності головного пагону та маси 1000 насінин, дозволяють компенсувати врожай. За посухи у травні - червні висота рослин зменшується суттєвіше, ніж урожайність насіння.

Дискусійним є питання визначення критичного періоду льону, особливо у довгунців. За даними Е. И. Кошкіна [17] та інших дослідників [41], найбільш згубною, з подальшими негативними наслідками для клітини луб'яних волокон, є дія посухи в період швидкого росту У той же час, А. Р. Рогаш [21] визначає критичним період швидкого росту рослини у висоту включно до цвітіння. Інші джерела вказують ще більш широкий період – від фази ялинка до цвітіння [6].

У льону олійного найвища чутливість до нестачі вологи проявляється під час закладання та утворення генеративних органів [19]. Аналізуючи водоспоживання льону олійного А. Б. Дьяков [11] указує, що критичний період розпочинається за 2 тижні до бутонізації та завершується через 2 тижні після цвітіння Така думка підтверджується тим, що при ізоляції посівів від травневих опадів урожайність знижувалася на 37%, а червневих – на 58%.

Опосередковано про критичний період водоспоживання льону олійного протягом міжфазного періоду ялинка – цвітіння свідчать дослідження А. С. Кочкина [16]. Кореляційно-регресійний аналіз запасів вологи та урожайності насіння, демонструє високі парні коефіцієнти кореляції (r = 0,79 та 0,75) для відповідних фаз. Вологозабезпечення у критичний період найбільшою мірою визначається запасами вологи у фазу ялинка.

Важливим питанням є допустимий рівень зволоження ґрунту. Як нижню межу оптимальної вологості для більшості польових культу А. М. Алпатьєв [7] наводить 70–75% НВ. Оптимальною для льону-межеумку в умовах Західного Сибіру є вологість ґрунту близько 70% НВ. У вегетаційних дослідах на різних типах ґрунту від підвищення вологості із 50 до 70% НВ

суттєво зростав урожай сухої речовини, також підвищувалося споживання елементів живлення [45]. Для умов штучного регулювання вологості ґрунту у вегетаційних дослідах із льоном олійним рекомендовано підтримувати вологість на рівні 60% НВ. У виробничих умовах оптимальною вологістю ґрунту для льону межеумку є 70% НВ, причому нестача вологи суттєво не впливала на етапах зрілого та пізнього генеративного розвитку [58]. В своїх дослідженнях, як ресурсоощадний перед поливний рівень, при вирощування льону олійного Г. О. Минкіна [28] визначає 65–70% НВ у 0,7 м шарі ґрунту.

Попри високу посухостійкість льон олійний досить добре реагує на зрошення [34]. За даними вчених Безенчукської дослідної станції [44] два поливи нормою 600–800 $м^3$/га забезпечують у середньому за шість років урожай 1,47 т/га, тоді як без зрошення він складав 0,4 т/га. Максимальна врожайність у досліді склала 2,1 т/га На каштанових середньосуглинкових ґрунтах Півдня України проведення поливів зрошувальними нормами 780 та 1200 $м^3$/га забезпечувало підвищення урожайності в 2,2 та 2,6 рази, а соломи – в 2,3 та 2,9 рази, відповідно [28].

Вимоги до світла у льону різних господарських груп переважно співпадають. Це рослини довгого дня, які при посиленому освітленні реагують інтенсивним галуженням. Збільшення тривалості світлового дня від зміни географічної широти, особливо до закладання генеративних органів, прискорює розвиток та сприяє підвищенню висоти рослин [37]. У льону існують окремі нейтральні до фотоперіоду форми. Однак, за умови короткого дня достовірно збільшується кількість листя, подовжується період сходи – цвітіння, відбувається збільшення загальної та технічної довжини, довжини суцвіття, зменшення кількості пагонів другого порядку, зменшується діаметр стебла та вміст луб’яних волокон [9].

Оцінюючи ефективність використання ФАР Л. П. Серякова [36] відмічає достатньо високий коефіцієнт використання для льону, на рівні 4%, проти 2% – у буряків та 3% – для картоплі. Враховуючи відносно дрібне насіння, як алеврітофіт, льон характеризується підвищеними вимогами до агрофізичних

властивостей ґрунту, особливо верхнього шару. Найбільш придатними для нього є структурні середньо – та легкосуглинкові за механічним складом ґрунти, а за стабільного вологозабезпечення – й супіщані різновиди. Запливаючі важкі суглинки через схильність до утворення кірки та супіщані ґрунти, через вузький діапазон продуктивної вологи є непридатними для культури [12, 29].

Взагалі льон відносять до кислотостійких культур (ацидофілів) із оптимальним інтервалом pH 5,5–6,5 та деяким відхиленням в ту чи іншу сторону [16]. За високої кислотності ґрунтового розчину спостерігається пригнічення рослин [12, 24], хоча можуть проявлятися певні сортові особливості [35, 40]. Підвиди походження південних ареалів різняться нижчою стійкістю до підвищеної кислотності ґрунту [33].

Льон середньо чутливий до засолення ґрунту. Зниження продуктивності на одиницю приросту засолення, виражену у електропровідності витяжки із насиченого ґрунту складає 12,0 на EC_e (мСм/см). Межа засолення складає 1,7. Подібний рівень стійкості мають зернова кукурудза та картопля [43]. У дослідах, що проводилися у Єгипті в умовах зрошення із підвищенням засоленості ґрунту із 0,2 до 0,8% зменшувався урожай соломки та насіння. Рослини могли переносити засолення не вище 0,6%, знижуючи урожай до 50% [52]. Вищу стійкість до засолення проявляють групи олійного призначення, порівняно із льоном-довгунцем.

Посилаючись на період вегетації та особливості кореневої системи, слабку поглинальну здатність більшість дослідників указують високі вимоги льону-довгунця та льону олійного до родючості ґрунту. Так, льон-довгунець відносять до групи олігомезотрофи, що для нормального росту потребує вмісту азоту в ґрунті – 1–1,5%, кальцію – 0,5–1,0, фосфору – 0,3–0,5, калію – 0,4–0,6% [23]. Кількість поживних речовин, що витрачається на формування одиниці біологічної маси залежить від багатьох факторів тому змінюється у широких межах. За даними А. Р. Рогаш [1] на утворення 1 центнера повітряно-сухої наземної маси (солома та насіння) льон, в середньому

споживає із ґрунту 1,3–1,51 кг азоту, 0,37–0,52 кг фосфору та 0,62–1,37 кг калію.

Рослини льону-довгунця споживають елементи живлення протягом усього періоду росту й розвитку, однак у різній кількості. Проростання відбувається за рахунок наявних у насінні запасах, однак до фази ялинка рослини споживають близько 16–36% азоту, 6–15 фосфору та 11–12% калію від загальної кількості. На час формування найвищої біологічної маси, у фазу цвітіння, рослини споживають 60–84% азоту, 63–80 фосфору та 71–90% калію. Критичними в споживанні азоту є період від фази ялинка до повного цвітіння, фосфору – від сходів до утворення 10–12 листків, калію – при бутонізації [27, 33].

Дещо різняться погляди Я. В. Пейве [69], який вважав, що критичний період споживання азоту завершується у фазі бутонізації, а калію – проходить у два етапи, перший із яких триває протягом трьох тижнів росту.

Система живлення льону олійного досліджена менш ґрунтовно, та вибудована за аналогією із льоном-довгунцем [31, 32, 36]. Безумовно, що загальна динаміка формування біологічної маси та споживання елементів живлення у обох технологічних груп льону є подібною, однак особливості існують, а критичні періоди різняться [36]. За підсумками досліджень Ставропольської дослідної станції на вилужених чорноземах, залежно від фону мінерального живлення, вміст азоту в насінні льону олійного коливався від 3,40 до 3,96%, тоді як у соломі – від 0,61 до 0,81%, вміст фосфору змінювався відповідно у межах 1,17–1,33 та 0,18–0,27%, а калію містилося 0,92–0,97 та 1,29–1,4%. Частка насіння у загальному виносі рослиною цих елементів складає 84,5, 86,2% та 44,1% відповідно [16].

При однаковому накопиченню наземної маси олійні сорти перевищують довгунцеві за споживанням азоту та фосфору, проте поступаються за використанням калію [52].

Щодо визначення критичних періодів Ю. А. Шанський [41] указує, що найбільшою мірою нестача азоту появляється у період від сходів до

бутонізації, фосфору – від сходів до фази ялинка, а калію – в період бутонізації. Такої ж думки дотримуються й інші дослідники [57], а Ю.П. Буряков та ін. [44] обмежують критичний період споживання азоту від бутонізації до цвітіння, М. М. Гаврилюк та ін. [55] вважають критичною фазою споживання калію перші двадцять діб. На формування одиниці врожаю насіння льон олійний виносить з ґрунту в 2–3 рази більше азоту, фосфору та калію, ніж зернові культури [26]. За узагальненими даними із різних джерел на один центнер насіння посіви споживають 6,0–7,6 кг азоту, 1,5–2,5 кг фосфору та 4,0–5,5 кг калію [11].

На лучно-каштанових ґрунтах Казахстану при вивченні систем мінерального, органічного та органо-мінерального живлення, вміст азоту в насінні складав 32,3–35,8 кг/т, фосфору – 9,6–11,2, калію – 7,8–9,0 кг/т, тоді як у соломі містилося азоту 8,2–9,4 фосфору 1,4–2,0, калію 16,2–19,4 кг/т [22]. У зоні проведення дослідження, залежно від фону мінерального живлення, загальний винос складав: азоту 41,5–52,9 кг/т, фосфору 17,0–22,3, калію 22,5–28,3 кг/т. Співвідношення між елементами, у середньому, складало 2,3:1:1,3. Підвищення фону мінерального живлення супроводжується зростанням виносу та збільшенням вмісту кожного елементу в одиниці маси продукції [32].

Забезпечення потреб рослин переважно задовольняється за рахунок внесення мінеральних добрив, використання яких складає: азоту 90%, фосфору 20–25, калію 60–70% [39]. В умовах нестійкого зволоження на вилугуваних чорноземах коефіцієнти використання рослинами льону олійного азоту, фосфору та калію складали із ґрунту: 30,4; 48,3 й 6,6%, а із добрив: 40,4; 14,5 й 52,2%, відповідно [16].

1.3. Формування природничої компетентності здобувачів освіти засобами польових досліджень

Сучасний розвиток системи освіти в Україні орієнтований на реалізацію компетентнісного підходу, що передбачає не лише засвоєння здобувачами

освіти певної суми знань, а й формування здатності застосовувати їх у практичній діяльності, критично мислити, аналізувати природні явища та приймати обґрунтовані рішення. У цьому контексті особливого значення набуває формування природничої компетентності, яка є однією з ключових компетентностей Нової української школи та передбачає оволодіння системою знань про природу, методами наукового пізнання, екологічним мисленням і дослідницькими навичками.

Природнича компетентність охоплює здатність особистості пояснювати природні явища, усвідомлювати взаємозв'язки між компонентами довкілля, використовувати наукові методи дослідження та застосовувати здобуті знання у повсякденному житті. Її формування потребує поєднання теоретичної підготовки з практичною діяльністю, що забезпечує розвиток умінь спостерігати, аналізувати, порівнювати, узагальнювати та робити висновки на основі реальних природних процесів.

Одним із найбільш ефективних засобів формування природничої компетентності є польові дослідження, які дають можливість безпосередньо вивчати об'єкти живої природи в природних умовах існування. Польові спостереження сприяють активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти, формуванню практичних умінь і навичок дослідницької роботи, розвитку наукового світогляду та екологічної культури.

Польові дослідження у процесі вивчення біології та екології мають важливе дидактичне значення, оскільки забезпечують зв'язок теоретичних знань із практикою. У ході такої діяльності здобувачі освіти опановують методику проведення спостережень, вчаться фіксувати результати, проводити морфологічний опис рослин, аналізувати вплив екологічних чинників на ріст і розвиток організмів. Особливу роль відіграють фенологічні спостереження, які дозволяють простежити сезонну динаміку розвитку рослин, залежність проходження фенологічних фаз від погодних умов та особливостей агроекосистеми.

Організація польових досліджень сприяє розвитку дослідницької компетентності здобувачів освіти. У процесі роботи учні навчаються формулювати мету й завдання дослідження, висувати гіпотези, обирати методи дослідження, аналізувати отримані результати та робити аргументовані висновки. Така діяльність формує навички самостійної роботи, відповідальність, уміння працювати в колективі та приймати рішення в умовах практичної діяльності.

Важливим аспектом польових досліджень є формування екологічного мислення та відповідального ставлення до навколишнього природного середовища. Безпосередній контакт із природними об’єктами сприяє усвідомленню цінності біорізноманіття, ролі рослин у функціонуванні екосистем, необхідності раціонального використання природних ресурсів та збереження довкілля. Участь здобувачів освіти у дослідницькій діяльності сприяє вихованню екологічної свідомості та формуванню основ сталого природокористування.

Ефективність польових досліджень значною мірою залежить від правильності їх організації та методичного забезпечення. Важливим є поєднання різних форм роботи: фенологічних спостережень, польових практик, екскурсій, навчально-дослідних робіт, виконання індивідуальних і групових проєктів. Такі форми діяльності дозволяють враховувати вікові особливості здобувачів освіти, рівень їх підготовки та забезпечують поступове формування практичних умінь і дослідницьких навичок.

Особливе значення у формуванні природничої компетентності мають дослідження сільськогосподарських культур, зокрема льону олійного. Вивчення особливостей росту, розвитку, фенології та екології цієї культури дає можливість ознайомити здобувачів освіти з біологічними закономірностями розвитку рослин, впливом факторів середовища на продуктивність агроценозів, значенням культурних рослин у господарській діяльності людини. Проведення польових спостережень за льоном олійним сприяє розвитку практичних умінь роботи з рослинним матеріалом, формує

навички ведення дослідницької документації та аналізу результатів спостережень.

Таким чином, польові дослідження є важливим складником сучасної природничої освіти та ефективним засобом формування природничої компетентності здобувачів освіти. Вони забезпечують інтеграцію теоретичних знань і практичної діяльності, сприяють розвитку дослідницьких умінь, екологічного мислення та формуванню наукового світогляду особистості.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика ґрунтово-кліматичних та погодних умов

Основна частина польових досліджень була проведена впродовж 2024–2025 рр. в СТОВ «Колос», яке розташоване в Одеській області в агрокліматичній зоні Степу України.

Територія земельного масиву характеризується рівнинним рельєфом, незначним стоком у природні замкнені пониження у вигляді подів різних розмірів. Це посушлива в першій половині вегетаційного періоду провінція ($ГТК_{5–7}$ 0,64–0,73), суха – другій половині періоду ($ГТК_{8–9}$ 0,5–0,57) та гумідна (120–140 мм) протягом зимового періоду [2].

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений темно-каштановими залишково слабко-солонцюватими важкосуглинковими ґрунтами, які поступово переходять у південні чорноземи. Ґрунтовий процес відбувається в умовах непромивного режиму при глибокому (понад 8 м), рівні залягання ґрунтових вод. Гумусовий горизонт має потужність 42–51 см, вміст гумусу в орному шарі складає в середньому 2,15 % легкогідролізованого азоту – 50 мг/кг, рухомого фосфору – 24 та рухомого калію – 400 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину слабко-лужна, ближче до нейтральної, pH–6,8–7,0.

Рівноважна щільність орного шару знаходиться в межах 1,16–1,24 г/см^3, щільність твердої фази складає 2,65–2,67 г/см^3, загальна шпаруватість 54,6–55,8%, польова вологоємність – 26,5–30,4%. Потенційний запас доступної вологи метрового шару становить 129 мм, а ресурси загальної вологи складають 320 мм.

Ґрунтовий профіль укорочений, на глибині 63–90 см залягає ущільнений карбонатно-ілювіальний горизонт, материнською породою є лесовий суглинок. Вміст фізичної глини складає 61–65%, структура ґрунту розпилена, тому ґрунти схильні до запливання.

Погодні умови характеризуються великими ресурсами тепла та

дефіцитом вологи, особливо у весняно-літній період. У зоні спостерігаються значні відхилення у надходженні опадів від середніх багаторічних значень, тривалі періоди без дощів і часті ґрунтова та повітряна посухи. Середньорічна сума опадів становить 421 мм із екстремальними коливаннями від 263 у посушливі до 693 мм – у вологі роки. Хоча за холодний період випадає 151 мм опадів, тоді як за теплий – 270 мм, для вирощування більшості с.-г. культур вагомішими є весняні запаси ґрунтової вологи, порівняно із опадами, що надходять за весняно-літній період. Середні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початку весни складають 106 мм із коливаннями від 57 до 131 мм в окремі роки метеорологічних спостережень.

Вірогідність бездощових періодів протягом 41–50 діб складає 50%, та у середньому спостерігається 26,8 діб із суховіями, у тому числі 15,3 діб протягом періоду вегетації льону олійного.

Середні багаторічні дати переходу температури повітря навесні через +5ºС відзначені 24 березня, через +10ºС – 16 квітня, восени нижче за +10°С – 15 жовтня, +5ºС – 10 листопада. Агрономічна «стиглість» ґрунтів настає переважно в середині третьої декади березня, однак спостерігаються значні відхилення як у бік раннього, так і більш пізнього дозрівання ґрунту. Тривалість періоду з температурою вище +5ºС складає 229 діб, вище +10°С становить 184 діб. Дата останнього весняного приморозку у повітрі протягом двадцятирічного періоду спостережень була відмічена 22 травня, а на поверхні ґрунту – 29 травня; датою перших осінніх приморозків у повітрі та на поверхні ґрунту є 22 вересня. У середньому період без морозів складає 161 діб, а сума ефективних температур за період із середньою добовою температурою понад +10ºС становить 1541ºС, що значно перевищує біологічні потреби льону олійного.

Весна в зоні, як правило, коротка, з швидким наростанням температури повітря та сильними вітрами. Літо – жарке та посушливе із частими суховіями. Максимальна температура повітря протягом найбільш жаркого

місяця (серпня) досягає 40ºС, а протягом червня та липня відповідно 35 та 39ºС. Осінь довга та тепла, часто після перших ранніх заморозків спостерігається тривале повернення тепла з сонячною погодою.

Зими малосніжні, з частими відлигами та дощами, тривалість яких у середньому складає 64 діб. Мінімальна температура повітря протягом найбільш холодного місяця (січня) складає мінус 26ºС. Сніжний покрив неглибокий і нестійкий, спостерігається протягом зимових місяців лише у 50% років, та лише в січні, відносно стабільно товщиною 3 см.

Погодні умови років досліджень характеризувалися значними відхиленнями температури повітря та кількості атмосферних опадів від багаторічних значень. Взагалі у період вегетації культури впродовж 2024–2025 років температурний режим значно перевищував багаторічні значення. За кількістю опадів 2024 р. був сухими, 2025 р. – був вологими, проте надходження опадів була вкрай нерівномірним що незадовільняло біологічні потребу льону олійного у вологі.

2.2 Методика досліджень

Фенологічні спостереження здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик польового досліду та рекомендацій з вивчення льону культурного. Упродовж вегетаційного періоду фіксували строки настання основних фаз росту й розвитку рослин: сходи, ялинка, бутонізація, цвітіння, зелена стиглість та повна стиглість. Початком фази вважали її настання у 10% рослин, повною фазою — у 75% рослин на обліковій ділянці. За отриманими даними визначали тривалість окремих міжфазних періодів та загального вегетаційного періоду.

Для оцінювання інтенсивності ростових процесів упродовж онтогенезу проводили визначення абсолютно сухої наземної маси рослин у фазах ялинки, бутонізації, цвітіння та зеленої стиглості. Рослинні зразки відбирали методом суцільного зрізування з облікової площі. Відібраний матеріал розділяли на окремі органи рослини (листки, стебла, коробочки, насіння),

після чого висушували до постійної маси у сушильній шафі за температури 105 °С. На основі отриманих даних визначали загальну суху масу рослин, її розподіл між окремими органами, а також розраховували добове накопичення сухої речовини за міжфазними періодами.

Інтенсивність накопичення сухої речовини визначали розрахунковим методом як відношення приросту абсолютно сухої маси до тривалості відповідного міжфазного періоду. Отримані показники характеризували динаміку формування біологічної маси сортів за різних умов зволоження.

Біометричні дослідження проводили у основні фази росту та розвитку рослин. У рослин визначали загальну висоту, технічну довжину стебла, діаметр стебла, показники миклості та відносної збіжестості. Загальну висоту рослин вимірювали від поверхні ґрунту до верхівки рослини, технічну довжину — від кореневої шийки до початку галуження або розміщення коробочок. Діаметр стебла визначали штангенциркулем у середній частині технічної довжини стебла.

Миклість стебла визначали як відношення технічної довжини стебла до його діаметра, що характеризує придатність соломи до отримання волокна. Відносну збіжестість стебла розраховували як різницю між діаметрами нижньої та верхньої частин стебла у перерахунку на одиницю довжини. Дані показники використовували для оцінювання морфологічних властивостей стебла та потенційної якості волокнистої сировини.

У фазі повної стиглості визначали структуру сухої маси рослин шляхом встановлення частки насіння, полови та стебел у загальній біологічній масі. Для цього після висушування рослинні зразки розділяли на окремі фракції та визначали їх масову частку у відсотках.

Математичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу з визначенням найменшої істотної різниці (НІР05). Для оцінювання взаємозв’язків між ознаками застосовували кореляційний аналіз із розрахунком коефіцієнтів кореляції (R). Статистичну достовірність результатів оцінювали на 5%-му рівні значущості.

2.3. Організація навчально-дослідницької роботи здобувачів освіти

Навчально-дослідницька діяльність здобувачів освіти є важливим компонентом сучасного освітнього процесу, що забезпечує формування природничої компетентності, розвиток дослідницьких умінь та екологічного мислення.

Організація навчально-дослідницької роботи під час вивчення льону олійного передбачала поєднання теоретичного навчання з практичною діяльністю у польових умовах. Учні брали участь у проведенні фенологічних спостережень, визначенні морфологічних показників рослин, аналізі погодних умов та оформленні результатів досліджень.

Основними формами роботи були:

- польові практикуми;
- навчальні екскурсії;
- індивідуальні та групові дослідницькі завдання;
- ведення щоденників спостережень;
- аналіз і презентація результатів досліджень.

У процесі виконання дослідницької роботи здобувачі освіти набували навичок спостереження, аналізу та узагальнення результатів, вчилися працювати з природними об’єктами та проводити елементарні біологічні дослідження.

Залучення учнів до польових досліджень сприяло підвищенню інтересу до вивчення біології, формуванню практичних умінь та розвитку відповідального ставлення до природи.

РОЗДІЛ 3
АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, РІСТ ТА РОЗВИТОК ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО В УМОВАХ ДОСЛІДЖЕННЯ

На сучасному етапі модель олійного сорту передбачає створення пластичних до умов вирощування, високопродуктивних об’єктів. При цьому в переліку господарсько-цінних ознак та властивостей зважають на ті, що зумовлюють високу врожайність насіння та підвищену олійність. Ознаки щодо стебла обмежуються висотою, необхідною для нормального збирання, та не зважають на його анатомо-морфологічні та технологічні властивості. Тому з метою виділення сортів придатних для багатоцільового використанням, необхідно проводити дослідження їх ростових процесів [23, 38].

3.1. Динаміка процесів росту й розвитку сортів льону за різних умов зволоження

Великий вплив на тривалість життєвого циклу льону проявляють зовнішні фактори, такі як вологозабезпечення, температурний та світловий режими, тощо [59, 388]. Однак окремі сорти можуть мати індивідуальні особливості проходження етапів вікового стану. У наших дослідженнях період проростання та появи повних сходів не відрізнявся та тривав у середньому 13 діб (табл. 3.1).

Міжфазний період сходи – ялинка тривав від 7 до 8 діб у сортів олійного призначення до 9 діб у прядивного сорту Глінум. В подальшому відмінність між сортам збільшилася та проявилися наслідки першого поливу. При зрошенні міжфазний період ялинка – бутонізація тривав на дві доби довше, а за умов природного вологозабезпечення він коливався в межах від 21 доби у сорту Ківіка до 24 діб – у сортів Дебют, Лірина, Надійний, Глінум. При зрошенні таке коливання становило – від 23 діб у сорту Евріка – до 26 діб у сортів Блакитно помаранчевий, Надійний та Глінум. Враховуючи

особливості органогенезу культури такі відмінності можуть зумовлювати різницю в лінійних розмірах рослин, закладанні листкових та квіткових бугорків.

Таблиця 3.1

Вплив умов вологозабезпечення на тривалість вегетаційного періоду сортів льону (середнє за 2024–2025рр.)

Сорти	Тривалість міжфазних періодів, діб.									Тривалість вегетаційного періоду	
	сівба – сходи	сходи – ялинка		ялинка – бутонізація		бутонізація – цвітіння		цвітіння – повна стиглість			
		б.з.	зрош.	б.з.	зрош.	б.з.	зрош.	б.з.	зрош.	б.з.	зрош.
Блакитно помаранчевий	13	8	8	23	26	13	15	52	54	96	103
Глінум	13	9	9	24	26	13	16	40	42	86	93
Евріка	13	8	7	21	23	13	14	46	49	87	93
Лірина	13	8	8	24	25	13	16	53	56	98	105
Надійний	13	8	8	24	26	14	16	51	53	96	103
Південна ніч (St)	13	7	7	21	24	14	15	48	51	91	98

Примітка: б.з. – без зрошення; зрош. – при зрошенні

Унаслідок зрошення міжфазний період бутонізація – цвітіння подовжувався в середньому на дві доби. На фоні природного зволоження він перебував у межах від 12 діб у сорту Золотистий до 14 діб у сортів Айсберг, Дебют та Надійний. При зрошенні відмінності між сортами складали від 14 діб у сортів Айсберг, Евріка, Ручеек до 16 діб у сортів Ківіка, Лірина, Надійний. У прядивного сорту Глінум унаслідок зрошення міжфазний період бутонізація – цвітіння подовжився із 13 до 16 діб.

Тривалість періоду цвітіння – повна стиглість при зрошенні подовжувалася більше, ніж на три доби. На фоні природного зволоження найкоротшим він був у сорту Ківіка та ВНІІМК 620 – відповідно 43 та 44 доби. У сортів Лірина та Блакитно помаранчевий даний період тривав найдовше – 52 та 53 доби. При зрошенні період цвітіння та дозрівання коливався від 45 діб у сорту Ківіка до 56 у сорту Лірина. У сорту льону-довгунця Глінум міжфазний період цвітіння – повна стиглість тривав відповідно 40 та 42 доби без зрошення та при зрошенні. Відповідно умовам

зволоження вегетаційний період тривав 84 та 93 доби у сорту Ківіка та 93 й 105 діб у сорту Лірина.

За результатами розрахунків відмічається високий коефіцієнт кореляції (R=0,94) тривалості періоду вегетації сортів в різних умовах зволоження, що свідчить про генетичну зумовленість даної ознаки. В умовах півдня України сорт льону-довгунця Глінум відрізнявся найбільш коротким періодом вегетації, відповідно умовам зволоження – 86 та 93 доби. При аналізі необхідно враховувати вплив загущення, яке було на рівні сортів олійного призначення.

Сорти, залежно від виду отримуваної продукції, різнилися співвідношенням окремих вікових періодів та стадій розвитку, що є результатом селекційного процесу. Так, у сортів олійного призначення генеративний віковий період у середньому складав 67 та 67,1% відповідно до умов зволоження. Одночасно у сорту льону-довгунця Глінум порівняно вищим був передгенеративний віковий період, унаслідок чого генеративний етап становив 61,6 та 62,4%. За умов природного зволоження дещо тривалішим, на 1,1–1,6 в.п., був передгенеративний період у сорту Дебют та Ручеек, а при зрошенні у сорту Ківіка.

Динаміка накопичення сухої наземної маси представлена в табл. 3.2. Достовірні відмінності між умовами зволоження та окремими сортами проявилися у фазі бутонізації. У підсумку на фоні зрошення сорти олійного призначення сформувати на 12,9% більше сухої речовини. У фазі цвітіння та зеленої стиглості таке перевищення складало 32,5 та 38,4%, відповідно. У фазі бутонізації без зрошення найбільше сухої маси накопили сорти Лірина, Дебют та Глінум. При зрошенні такими були сорти Глінум та Ківіка. Переваги сорту льону-довгунця Глінум у формуванні сухої маси зберігалися також протягом фази цвітіння, відповідно до умов зволоження – 3,07 та 3,83 т/га. Серед олійних сортів без зрошення виділялися ВНІІМК 620 – 2,84 т/га, Надійний – 2,8 та Південна ніч – 2,79, а при зрошенні Надійний – 3,79 та Ківіка – 3,75 т/га. В подальшому, у фазі зеленої стиглості,

співвідношення між групами сортів змінилося на протилежне.

Таблиця 3.2

Абсолютно суха наземна маса сортів льону за різних умов вологозабезпечення, т/га (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти (В)		Фази росту й розвитку			
		ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість
Без зрошення (А)					
Айсберг		0,07	0,88	2,77	3,93
Віра		0,07	0,90	2,63	3,69
ВНІІМК 620		0,07	0,90	2,84	3,82
Дебют		0,07	0,94	2,78	3,86
Золотистий		0,07	0,91	2,62	4,02
Ківіка		0,07	0,88	2,66	3,96
Орфей		0,06	0,88	2,67	4,22
Південна ніч (St)		0,07	0,89	2,79	4,02
Ручеек		0,07	0,87	2,74	4,33
Блакитно помаранчевий		0,07	0,90	2,55	4,05
Глінум		0,07	0,95	3,07	3,96
Евріка		0,07	0,91	2,76	4,03
Лірина		0,07	0,95	2,63	4,21
Надійний		0,07	0,92	2,80	4,32
При зрошенні (А)					
Айсберг		0,07	1,01	3,62	5,46
Віра		0,07	1,00	3,61	5,58
ВНІІМК 620		0,07	1,03	3,62	5,48
Дебют		0,07	1,03	3,48	5,24
Золотистий		0,07	0,99	3,53	5,32
Ківіка		0,07	1,07	3,75	5,55
Орфей		0,07	1,01	3,68	5,88
Південна ніч (St)		0,07	1,02	3,71	5,77
Ручеек		0,06	1,00	3,33	5,70
Блакитно помаранчевий		0,07	1,00	3,58	5,65
Глінум		0,07	1,09	3,83	5,54
Евріка		0,07	1,00	3,49	5,53
Лірина		0,07	1,04	3,52	5,67
Надійний		0,07	1,04	3,79	5,79
$НІР_{05}$	А	0,005–0,007	0,006–0,008	0,033–0,051	0,068–0,116
	В	0,013–0,017	0,014–0,021	0,088–0,136	0,181–0,308
	АВ	0,004–0,05	0,004–0,006	0,024–0,036	0,048–0,082

Переважна більшість сортів олійного призначення без зрошення та при зрошенні сформували більше сухої речовини, ніж сорт льону-довгунця Глінум. За умов природного зволоження найбільше абсолютно сухої речовини утворили сорти Ручеек – 4,33, Надійний – 4,32, а при зрошенні Орфей – 5,88, Надійний – 5,79, та Південна ніч – 5,77т/га.

Процес накопичення сухої речовини в часі має динаміку швидкого наростання та подальшого стрімкого сповільнення (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Добове накопичення сухої речовини у досліджуваних сортів льону в міжфазні періоди, кг/га (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти (В)	Міжфазні періоди			
	сходи – ялинка	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість
Без зрошення (А)				
Айсберг	9,53	38,0	141,9	54,2
Віра	9,64	38,9	129,8	49,1
ВНІІМК 620	9,38	39,1	145,4	49,8
Дебют	10,1	37,3	138,6	53,6
Золотистий	9,89	38,4	138,1	63,9
Ківіка	10,2	42,2	148,0	61,8
Орфей	8,10	37,3	144,7	68,4
Південна ніч (St)	9,27	38,5	139,0	57,9
Ручеек	9,95	37,1	143,5	76,8
Блакитно помаранчевий	9,41	35,5	126,6	66,4
Глінум	6,97	37,0	159,0	51,2
Евріка	8,58	41,0	142,3	61,1
Лірина	8,94	36,2	126,3	68,6
Надійний	9,04	35,5	133,9	68,4
При зрошенні (А)				
Айсберг	9,57	40,2	186,5	81,4
Віра	9,41	38,9	166,2	88,4
ВНІІМК 620	8,97	40,3	180,4	88,8
Дебют	9,40	38,9	167,2	81,2
Золотистий	9,26	38,3	169,7	80,2
Ківіка	9,81	41,1	174,9	88,4
Орфей	9,45	39,4	182,0	98,3
Південна ніч (St)	9,58	39,1	175,2	92,5
Ручеек	8,41	39,1	166,4	109,3
Блакитно помаранчевий	8,68	36,0	175,3	88,9
Глінум	7,30	39,3	171,4	91,5
Евріка	9,34	40,1	181,9	94,1
Лірина	8,20	38,4	158,5	91,8
Надійний	8,55	36,8	172,2	89,4

Найбільш інтенсивно процес синтезу сухої речовини відбувається в міжфазний період бутонізація – цвітіння, в середньому в олійних сортів

досягав рівня 138 кг/га без зрошення та 174 кг/га при зрошенні.

У незрошуваних умовах найбільш інтенсивним накопиченням сухої речовини в першій половині вегетації відрізнялися сорти Віра та Золотистий, у середині вегетації сорти ВНІІМК 620, Евріка та Південна ніч, а наприкінці вегетації у сортів Орфей та Ручеек.

Одночасно сорт Ківіка відрізнявся достатньо високими темпами накопичення сухої речовини протягом всього періоду вегетації. Для сорту льону-довгунця Глінум характерними були найвищі добові прирости маси протягом фази бутонізація – 159 кг/га.

За умов зрошення високим початковим приростом відрізнялися сорти Айсберг та Ківіка, а в середини вегетації сорт ВНІІМК 620. Сорти Евріка, Орфей та Південна ніч мали стабільно високі темпи приросту сухої речовини протягом всього періоду спостережень. При зрошенні сорт льону-довгунця Глінум зберігав високі темпи приросту маси протягом міжфазного періоду бутонізація – зелена стиглість, відповідно 171,4 та 91,5 кг/га.

На початку органогенезу більша частина сухих речовин зосереджувалася в листі рослин, та лише четверта частина в стеблах. В процесі росту й розвитку збільшувалася частка сухої маси стебел, а у подальшому – коробочок. У фазі зеленої стиглості на листковий апарат припадало 11,6–16,9% сухих речовин від наземної маси рослин.

При зрошенні загальна динаміка розподілу сухої речовини в межах органів рослин зберігається, однак частка листків у фазі зеленої стиглості залишається більш високою 14,2–24,6%. У сорту льону-довгунця Глінум, порівнюючи із сортами олійного призначення, вищою була маса стебла, та меншою маса коробочок.

При дозріванні більша частина сухої речовини була зосереджена в стеблах льону олійного (табл. 3.4). При зрошенні їх частка змінювалася в межах від 41,9% у сорту Золотистий до 48,9% у сорту Надійний. Закономірно що найвищим цей показник був у сорту льону-довгунця Глінум 63,1%. У сухій речовині олійних сортів насіння складало від 26,4% у сорту

Надійний до 29,7% у сорту Віра, тоді як у прядивного сорту – 17,4%. Зрошення збільшує частку соломи, в середньому на 6,7 в.п., переважно за рахунок полови, на 6,0 в.п. У групі олійних сортів найвищою була частка соломи у сорту Надійний 57,8%, а найменшою – в сорту Дебют 49,7%. Частка насіння в сухій масі рослин знаходилася в межах від 30% у сорту Дебют до 24,8% у сорту Надійний. За умов зрошення у льону-довгунця Глінум спостерігалося збільшення відсотку стебел на 4,5 в.п., при зменшенні проценту насіння та полови відповідно на 2,3 та 2,1 в.п.

Таблиця 3.4

Розподіл сухої маси між частинами рослин льону у фазі повної стиглості залежно від сортового складу, %(середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Без зрошення			При зрошенні		
	насіння	полова	стебла	насіння	полова	стебла
Айсберг	28,6	25,7	45,6	29,8	21,0	49,2
Віра	29,7	28,1	42,2	27,7	21,6	50,7
ВНІІМК 620	28,9	25,5	45,5	29,2	20,6	50,1
Дебют	29,3	26,5	44,3	30,0	20,3	49,7
Золотистий	28,6	29,5	41,9	27,6	22,1	50,3
Ківіка	28,6	29,1	42,3	26,7	21,5	51,8
Орфей	28,8	27,4	43,8	26,8	20,2	53,0
Південна ніч (St)	29,4	27,1	43,5	27,1	20,8	52,1
Ручеек	27,2	26,7	46,1	27,1	21,8	51,1
Блакитно помаранчевий	27,3	26,4	46,3	27,1	21,8	51,1
Глінум	17,4	19,4	63,1	15,1	17,3	67,6
Еврика	27,5	27,2	45,3	27,4	21,4	51,2
Лірина	27,2	24,9	47,8	27,2	20,2	52,7
Надійний	26,4	24,7	48,9	24,8	17,5	57,8

Порівняння сортів різного призначення щодо розподілу сухої маси в рослині представлено на рис. 3.1.

Селекційний добір, що був спрямований на різну продукцію, зумовив переважне формування відповідної частини органів рослини – стебла або насіння. Тому на природному фоні зволоження доля насіння у прядивного сорту є меншою на 10,9 в.п., а соломи вищою на 18,2 в.п., ніж у середньому для сортів олійного призначення. На фоні зрошення зазначена різниця складає 12,5 та 16,0 в.п., відповідно. Внаслідок зрошення доля соломи в

олійних сортів збільшується на 6,7 в.п., тоді як у прядивного – на 4,5 в.п.

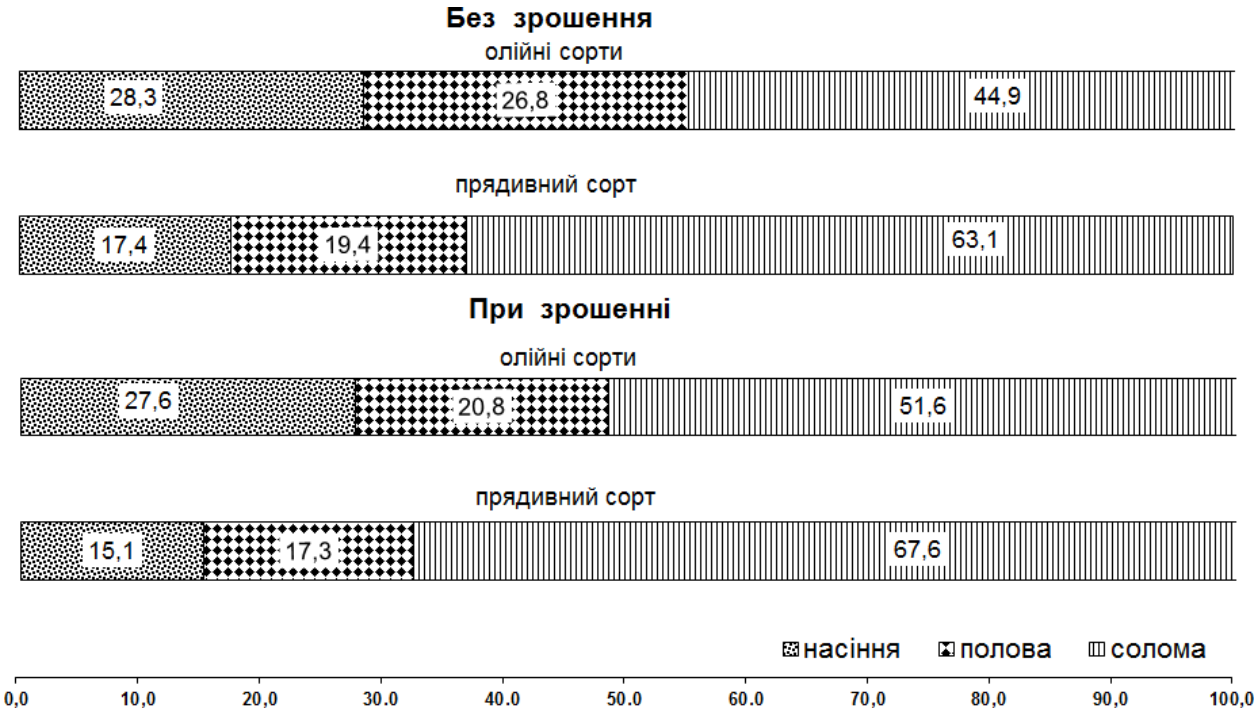


Рис. 3.1 **Розподіл сухої маси між окремими частинами рослин льону олійного та довгунцевого типів (середнє за 2024–2025 рр.)**

Окремі внутрішньовидові групи та навіть сорти льону мають індивідуальні особливості формування та розподілу біологічної маси між окремими органами рослин [278]. Зміна лінійних розмірів є одним із показників, що відображає, як їх генетичні особливості рослин, так й характеризує умови зовнішнього середовища. Для рослин льону, незалежно від підвиду, притаманний повільний ріст протягом ювенільного вікового стану та швидке зростання впродовж іматурного та віргінільного вікового періоду. Тому на початок фази бутонізація висота рослин збільшилася із 2,7–3,8 см. у фазі ялинка, до 26,9–35,7 см. На фоні зрошення сорти олійного призначення були вищими у середньому на 4,1 см. За умов природного зволоження найвищими були сорти Надійний, Дебют, Лірина та Евріка, а при зрошенні – Лірина, Ківіка та Надійний.

У фазі цвітіння висота олійних сортів на незрошуваних ділянках в середньому складала 40,2 см, а при зрошенні – 46,7 см. У дану фазу, без зрошення, найвищими були сорти ВНІІМК 620 Евріка, Надійний, Південна ніч, а при зрошенні Надійний, Ківіка, Південна ніч та ВНІІМК 620.

До настання зеленої стиглості висота сортів збільшилася на 6,5–7,7 см, при цьому різниця між окремими із них при зрошенні у середньому склала 7,7 см. На початку дозрівання найбільш високорослими без зрошення були сорти Надійний – 50,5 см, Південна ніч – 49 см, ВНІІМК 620 – 48,4 см. При зрошенні такими були сорти Надійний – 59,7 см, Південна ніч – 56,7 см, та Ківіка – 56,1 см. Сорт льону – довгунця Глінум, після фази бутонізація, був вищим за усі досліджувані сорти олійного призначення. На час зеленої стиглості його висота становила 56,0 см без зрошення та 83,3 см при зрошенні. Відповідно він був вищим за сорти олійного призначення, відповідно умовам зволоження, в 1,20 та 1,53 рази.

Різна швидкість лінійного росту є біологічною особливістю льону культурного, однак на ці процеси значний вплив здійснюють температурний режим та вологозабезпеченість посівів. Дослідження швидкості ростових процесів (додаток Е.4) свідчить, що у розрізі окремих об’єктів без зрошення високими темпами лінійного росту, до початку бутонізації, характеризувалися сорти Ківіка та Дебют, у міжфазний період цвітіння – зелена стиглість – ВНІІМК 620 та Південна ніч. При зрошенні високим початковим ростом характеризувався сорт Ківіка і Дебют, а наприкінці вегетації – сорт Надійний. Сорт Айсберг мав високі темпи лінійного росту протягом періоду ялинка – цвітіння.

Від появи сходів до фази ялинка, та після цвітіння, льон-довгунець Глінум, незалежно від умов зволоження, характеризувався повільними темпами лінійного росту, порівняно із іншими сортами. Однак протягом періоду ялинка – бутонізація він приростав, відповідно до умов вологозабезпечення, в 1,29 та 1,78 рази швидше, ніж олійні сорти. У міжфазний період бутонізація – цвітіння темпи його росту також сповільнювалися, проте зберігалися вищими, порівняно із олійними сортами – відповідно в 1,16 т та 1,25 рази.

Найбільш наближеними до льону-довгунця за динамікою лінійного росту, при вирощуванні без зрошення, були сорти Блакитно помаранчевий,

Надійний та Віра, а на фоні зрошення сорти – Лірина, Дебют та Віра.

3.2. Морфологічні особливості сортів льону за різних умов зволоження

Льон культурний характеризується значною мінливістю та сильно сильною реакцією на природні умови [339]. Попередніми роботами в різних ґрунтово-кліматичних зонах України була встановлена значна варіабельність, по роках досліджень, ознак «висота рослин» «технічна довжина стебла» «кількість коробочок» «маса насіння із рослини» льону олійного, що зумовлює необхідність багаторічних спостережень [98, 384]. Проте значний вплив на ознаки, пов'язані із габітусом рослин, має спадковість [108, 143].

Встановлено, що в середньому загальна довжина сортів олійного призначення складала 48,3 см при коливаннях від 52,2 см у сорту Надійний до 46,6 см у сорту Золотистий (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Вплив умов вологозабезпечення на довжину стебла сортів льону, см (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти (В)	Довжина стебла без зрошення			Довжина стебла при зрошенні		
	загальна	технічна	*технічна / загальна*	загальна	технічна	*технічна / загальна*
Блакитно помаранчевий	47,1	30,4	0,65	54,7	38	0,69
Глінум	57,4	42,6	0,74	84,3	66,6	0,79
Евріка	48,8	30,5	0,63	51,5	31,4	0,61
Лірина	47,8	33,3	0,70	56,3	38,6	0,69
Надійний	52,2	36,3	0,70	60,3	41,9	0,69
Південна ніч st	51	32	0,64	57	37	0,65
$НІР_{05}$, т/га: загальна довжина стебла А – 1,2–1,4; В – 2,1–2,4; АВ – 0,9–1,0						
технічна довжина стебла А – 1,2–1,3; В – 2,1–2,2; АВ – 0,9						

В групу найбільш високорослих входили також сорти ВНІІМК 620, Південна ніч – 49,4 см та Дебют – 49 см. Загальна довжина стебла льону-довгунця Глінум на 10–17,1% перевищувала найбільш високорослу групу, та досягала 57,4 см. При зрошенні загальна довжина стебла зростала в

середньому на 13,1%, досягаючи 54,7 см. Групу найвищих рослин сформували сорти – Надійний – 60,3 см, Лірина – 56,3 см, та Південна ніч – 56,2 см. Найменшим показником характеризувався сорт Евріка 51,5 см.

Сорт Глінум за умов зрошення досягав загальної довжини 84,3 см, що на 46,8% більше ніж без зрошення, та на 39,8–50% більше, ніж олійні сорти. На незрошуваних варіантах технічна довжина олійних сортів в середньому становила 31,5 см, із коливанням від 36,3 см у сорту Надійний, до 29 см у сорту Золотистий.

При зрошенні технічна довжина олійних сортів складала 37,6 см, із варіюванням від 41,9 см у сорту Надійний до 31,9 см у сорту Евріка. За умов зрошення більш суттєвим було зростання технічної довжини стебла – 19,1%, порівняно із загальною довжиною, де збільшення склало 13,1%.

Середнє співвідношення технічної довжини до загальної складало 0,65. Найбільшим це співвідношення було у сортів Лірина та Надійний – 0,7, тоді як у сорту Глінум воно становило 0,74. При зрошенні ростові процеси стебла переважали щодо його технічної частини, а тому середнє співвідношення збільшилося до 0,69. Найбільшим воно було у сортів Дебют – 0,74, ВНІІМК 620, Айсберг – 0,73, тоді як у сорту Глінум воно досягло 0,79.

Статистичний аналіз свідчать про прямий тісний зв'язок між лінійними розмірами рослин. Сорти, що відрізнялися більшою загальною довжиною, мали переважно більшу технічну довжину стебла – коефіцієнти кореляції складали відповідно до умов вологозабезпечення $R_с$ = 0,77 та $R_з$ = 0,69. Кореляційний зв’язок загальної довжини стебла без зрошення та при зрошені складав $R_з$ = 0,48, а технічної – $R_т$ = 0,50.

Подвійне використання продукції льону олійного призначення потребує відповідної методології оцінки якості волокнистої сировини, яка детально досліджена для льону-довгунця [26]. В даний час іде активна розробка методів автоматичного оцінювання [23, 39]. З певними особливостями такі методики можуть бути застосовані у системі оцінювання соломи льону олійного.

При стандартизації соломи, окрім основних, зважають на другорядні показники – діаметр стебла, миклість, збіжестість, які дозволяють прогнозувати наявність лубу та його якість (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Характеристики стебел сортів льону за різних умов зволоження (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорти	Без зрошення			При зрошенні		
	діаметр, мм	миклість	відносна збіжестість, мм/м	діаметр, мм	миклість	відносна збіжестість, мм/м
Блакитно помаранчевий	1,53	199	2,20	1,66	229	2,43
Глінум	1,68	254	1,90	1,94	343	1,86
Евріка	1,48	206	2,12	1,55	202	2,14
Лірина	1,46	228	2,83	1,54	250	2,81
Надійний	1,47	247	2,08	1,48	283	2,46
Південна ніч st	1,44	224	2,50	1,55	238	2,70
$НІР_{05}$, т/га: діаметра стебла А – 0,011–0,012; В – 0,018–0,021; АВ – 0,008–0,009						

Діаметр стебла олійних сортів в середньому складав 1,46 мм, зрошення зумовлювало потовщення стебла у середньому на 5,5%, що було математично достовірним для усіх сортів. У сорту Глінум діаметр стебла збільшувався на 15,4% становив відповідно 1,68 та 1,54 мм.

Незалежно від умов зволоження в групу сортів із стеблом великого діаметру входять Блакитно помаранчевий, Айсберг, Віра, Орфей, тоді як сорти Лірина, Дебют, Південна ніч, Ручеек формували найтонші стебла. Коефіцієнт кореляції діаметру стебла сортів олійного призначення вирощених за різних умов зволоження складав R = 0,79. Це може бути також зумовлене сортовими особливостями базального галуження, оскільки нижні бокові пагони мають менший діаметр, ніж основне стебло.

Миклість, внаслідок зрошення, збільшувалася в середньому на 13,3% для олійних сортів із 216 до 244. Значно вищою вона була у соту льону-довгунця Глінум, відповідно 254 та 343, та зростала внаслідок зрошення на

35,0%. З позиції подвійного використання кращою була у соломи сортів Віра, Евріка та Блакитно помаранчевий, а гіршою у сортів Надійний та Дебют.

Стебло льону від гузиря до верхівки зменшується в діаметрі, та являє собою витягнутий конус, що характеризується збіжестістю – різницею діаметрів на рівні сім'ядольного коліна та перед зоною розміщення коробочок. У льону прядивного чим рівніше стебло, та відповідно менша збіжестість тим краща якість волокна.

В середньому у сортів олійного призначення при зрошенні збіжестість зростала із 0,56 мм до 0,78 мм. У сорту Глінум даний показник був вищим, та складав відповідно 0,82 та 1,20 мм. Низькою збіжестістю відрізнялися сорти Ручеек та Евріка, а високою – Віра та Золотистий.

РОЗДІЛ 4
МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛЬОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У ФОРМУВАННІ ПРИРОДНИЧОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

4.1. Освітній потенціал польових фенологічних спостережень у шкільному курсі біології

У сучасній системі природничої освіти особлива увага приділяється практичній спрямованості навчання, формуванню дослідницьких умінь та розвитку природничої компетентності здобувачів освіти. Одним із ефективних засобів реалізації цих завдань є польові фенологічні спостереження, які забезпечують безпосереднє ознайомлення учнів із природними процесами та закономірностями розвитку живих організмів у природному середовищі [69].

Фенологічні спостереження є систематичним вивченням сезонних змін у розвитку рослин та їх залежності від екологічних чинників. Їх використання у шкільному курсі біології дозволяє поєднати теоретичний матеріал із практичною діяльністю, сприяє розвитку пізнавальної активності учнів та формуванню в них цілісного уявлення про взаємозв’язок організмів із навколишнім середовищем.

Освітній потенціал польових спостережень полягає у можливості формування в учнів навичок наукового пізнання. Під час виконання досліджень здобувачі освіти навчаються проводити спостереження, фіксувати результати, аналізувати отримані дані, встановлювати причинно-наслідкові зв’язки між погодними умовами та особливостями розвитку рослин. Водночас формується вміння працювати з біологічними об’єктами, вести польову документацію та здійснювати елементарну статистичну обробку результатів [70].

Важливою перевагою польових фенологічних спостережень є їх міжпредметний характер. У процесі роботи інтегруються знання з біології,

екології, географії, агрономії, метеорології та основ природокористування. Це сприяє формуванню системного мислення та усвідомленню цілісності природних процесів.

Значне місце у навчально-дослідницькій діяльності займає вивчення культурних рослин, зокрема льону олійного. Ця культура характеризується чітко вираженими фенологічними фазами, що робить її зручним об’єктом для проведення спостережень у польових умовах. Учні мають можливість простежити особливості проростання, росту, бутонізації, цвітіння та достигання рослин, оцінити вплив температурного режиму, вологості ґрунту та інших екологічних факторів на розвиток культури.

Результати педагогічних спостережень свідчать, що учні, які беруть участь у польових дослідженнях, краще засвоюють навчальний матеріал, демонструють вищий рівень сформованості дослідницьких умінь та здатність застосовувати теоретичні знання у практичній діяльності. Водночас у них формується відповідальне ставлення до природи, розвиваються навички самостійної роботи та командної взаємодії.

Ефективність польових спостережень зростає за умови систематичності їх проведення, належного методичного супроводу та інтеграції з іншими формами навчальної діяльності. Важливим є також використання сучасних засобів обробки результатів досліджень, інформаційних технологій та елементів проєктного навчання.

Ефективність польових досліджень значною мірою залежить від методичного забезпечення освітнього процесу. Важливим складником навчально-дослідницької діяльності є розробка практичних завдань, спрямованих на активізацію пізнавальної діяльності учнів та формування їхніх дослідницьких умінь.

Навчальні завдання повинні відповідати віковим особливостям здобувачів освіти, рівню їх підготовки та змісту навчальної програми. Під час вивчення льону олійного доцільно використовувати завдання, пов’язані з визначенням фенологічних фаз розвитку рослин, описом морфологічних

ознак, оцінкою впливу погодних умов на ріст культури, аналізом структури продуктивності та визначенням екологічних особливостей рослин.

Польові практикуми можуть включати:

- проведення фенологічних спостережень;
- визначення висоти рослин та густоти посіву;
- опис морфологічних ознак рослин;
- аналіз впливу температурного режиму та зволоження на розвиток культури;
- ведення щоденника польових спостережень;
- побудову графіків росту та розвитку рослин.

Використання практичних завдань сприяє закріпленню теоретичних знань, розвитку спостережливості та формуванню вмінь застосовувати наукові методи дослідження у практичній діяльності.

Отже, польові фенологічні спостереження є важливим складником сучасної природничої освіти та ефективним засобом формування природничої компетентності здобувачів освіти. Їх систематичне використання в освітньому процесі сприяє поглибленню знань про закономірності росту і розвитку організмів, розвитку практичних умінь та навичок дослідницької діяльності, формуванню наукового світогляду й екологічного мислення. Водночас польові спостереження підвищують ефективність природничої освіти, забезпечують розвиток дослідницьких компетентностей учнів та сприяють вихованню екологічно відповідальної особистості, здатної усвідомлювати взаємозв’язки між природними явищами та діяльністю людини.

4.2. Організація дослідницької діяльності учнів під час вивчення льону олійного

Організація практичної та дослідницької діяльності учнів є необхідною умовою реалізації компетентнісного підходу в освітньому процесі. Особливого значення така діяльність набуває під час вивчення біології

рослин, оскільки дозволяє сформувати практичні навички дослідницької роботи та забезпечує засвоєння теоретичних знань через безпосереднє спостереження природних об’єктів.

Льон олійний є перспективним об’єктом для організації польових досліджень у закладах освіти. Біологічні особливості культури, відносно короткий вегетаційний період і чітко виражені фази розвитку дозволяють проводити систематичні спостереження впродовж усього періоду веґетації.

Практична діяльність учнів може включати закладання дослідних ділянок, проведення фенологічних спостережень, визначення морфологічних показників рослин, оцінку густоти стояння, вимірювання висоти рослин, визначення строків настання основних фаз розвитку та аналіз впливу погодних умов на продуктивність культури.

Під час організації дослідницької роботи важливо дотримуватися принципів науковості, систематичності та доступності. Учні повинні бути ознайомлені з методикою проведення польових досліджень, правилами ведення спостережень та оформлення результатів. Значну увагу слід приділяти формуванню навичок роботи з таблицями, графіками та щоденниками спостережень.

Одною з ефективних форм роботи є дослідницькі проєкти, які сприяють розвитку самостійності, відповідальності та вмінню працювати в колективі. Проєктна технологія навчання базується на низці фундаментальних принципів, серед яких провідне місце займає активна участь учнів у виборі тематики та виконанні проєкту. Важливим є також принцип практичної спрямованості, що передбачає зв’язок проєктної діяльності з реальними життєвими потребами та її суспільну значущість. Ефективність проєктного навчання забезпечується врахуванням пізнавальних інтересів учнів, поєднанням теоретичних знань із практичною діяльністю та інтеграцією набутих знань, умінь і навичок у процесі розв’язання конкретних завдань.

Суттєвою ознакою проєктної технології є її відкритість до подальшого розвитку, оскільки результати виконання одного проєкту можуть слугувати

підґрунтям для виникнення нових дослідницьких ідей та ініціатив. Водночас важливими принципами залишаються реалістичність і можливість практичного втілення проєкту, самостійність учнів у процесі роботи, розвиток їхнього творчого потенціалу та організація колективної взаємодії, що сприяє формуванню комунікативних і соціальних компетентностей.

Ефективне використання методу проєктів в освітньому процесі передбачає дотримання низки важливих вимог. Насамперед необхідно визначити проблемне завдання або проблемну ситуацію, розв’язання якої потребує ґрунтовного дослідження, критичного осмислення та комплексного аналізу. Обрана тема повинна мати наукову, практичну або пізнавальну цінність і бути актуальною для учасників проєктної діяльності. Важливою складовою є організація дослідницької роботи здобувачів освіти, яка може здійснюватися в індивідуальній, парній або груповій формах. Реалізація проєкту передбачає чітке планування його змісту із визначенням основних етапів та фіксацією проміжних результатів. Обов’язковим є також обґрунтований вибір методів дослідження, здійснення пошуку, накопичення, систематизації та аналізу необхідної інформації. Завершальними етапами проєктної діяльності є узагальнення та обговорення отриманих результатів, їх представлення у формі презентації, доповіді, публікації, вебсторінки чи іншого інформаційного продукту. Важливого значення набувають належне оформлення результатів, їх оцінювання відповідно до визначених критеріїв, формулювання висновків та окреслення перспектив подальших досліджень за обраною проблематикою.

Для організації практичної та дослідницької діяльності школярів із вивчення льону олійного (*Linum usitatissimum L.*) доцільно поєднувати групові та індивідуальні проєкти різного рівня складності. Такий підхід сприяє формуванню дослідницьких умінь, розвитку навичок спостереження, аналізу та інтерпретації результатів. Такі теми, як дослідження впливу передпосівної підготовки насіння та температури на його посівні якості,

впливу умов вирощування на ріст, розвиток та продуктивність, добре інтегруються в навчальну програму, пов'язуючи теорію з практикою.

Груповий дослідницький проєкт

Актуальність. Льон олійний є цінною технічною та олійною культурою, продуктивність якої значною мірою залежить від умов вирощування. Дослідження впливу окремих агротехнічних факторів дозволяє учням ознайомитися з основами рослинництва та наукового експерименту.

Тема: вплив умов вирощування на ріст, розвиток та продуктивність льону олійного.

Мета дослідження: встановити вплив різних умов вирощування на ріст, розвиток і продуктивність рослин льону олійного.

Гіпотеза: зміна окремих елементів технології вирощування впливає на морфометричні показники та насіннєву продуктивність рослин.

Для проведення досліджень необхідні: насіння льону олійного; навчально-дослідна земельна ділянка або контейнери для вирощування рослин; лінійки та рулетки; ваги; лабораторний посуд; термометри; журнали фенологічних спостережень; фотоапарати або мобільні пристрої для фіксації результатів.

Очікувані результати: учні встановлять залежність між умовами вирощування та формуванням продуктивності рослин льону олійного.

Хід дослідження

1. Підготувати дослідні ділянки.
2. Провести сівбу насіння.
3. Здійснювати регулярні фенологічні спостереження.
4. Вимірювати висоту рослин через кожні 7–10 діб.
5. Визначати кількість коробочок на рослині.
6. Провести облік урожаю.
7. Опрацювати отримані результати та побудувати графіки.

Індивідуальні дослідницькі проєкти

Проєкт 1. Вплив передпосівної підготовки насіння на його посівні якості

Мета: визначити ефективність різних способів передпосівної підготовки насіння.

Варіанти досліду: контроль; сортування за питомою масою; замочування у воді; пророщування.





Показники дослідження: енергія проростання; лабораторна схожість; довжина проростків.

Практичне значення: Отримані результати дозволяють визначити найбільш ефективний спосіб підготовки насіння до сівби.

Проєкт 2. Вплив температури на проростання насіння

Мета: встановити оптимальні температурні умови для проростання насіння льону олійного.

Варіанти: 10 °C; 20 °C; 30 °C.

Показники дослідження: терміни появи проростків; енергія проростання; лабораторна схожість.

Проєкт 3. Морфологічна мінливість рослин льону олійного

Мета: дослідити рівень внутрішньопопуляційної мінливості рослин.

Показники дослідження: висота рослин; кількість коробочок; кількість бічних пагонів; діаметр стебла.

Методи обробки результатів: складання варіаційного ряду; визначення середнього значення; розрахунок коефіцієнта варіації.

Проєкт 4. Фенологічні спостереження за розвитком льону олійного

Мета: Вивчити особливості проходження основних фаз росту та розвитку рослин.

Обліки: повні сходи; фаза «ялинка»; бутонізація; цвітіння; достигання.



Результати: на основі спостережень складають фенологічний календар культури.

Проєкт 5. Дослідження продуктивності окремих рослин

Мета: виявити найбільш продуктивні екземпляри в популяції.

Показники дослідження: кількість коробочок; кількість насінин у коробочці; маса насіння з рослини.





Підсумовуючи вищесказане, можна зазначити, що метод, який розглядається, спрямований на: вироблення самостійних дослідницьких умінь здобувачів освіти; сприяння розвитку творчих здібностей і логічного

мислення; об’єднання знань, отриманих у ході навчального процесу, й пошук нової, додаткової, інформації професійного спрямування; залучення здобувачів освіти до аналізу й вирішення певних життєвих ситуацій і проблем.

У процесі виконання запропонованих нами дослідницьких проєктів учні мають можливість поглибити знання про біологічні особливості льону олійного, ознайомитися з основними методами польових і лабораторних досліджень, а також набути практичного досвіду проведення фенологічних спостережень. Виконання проєктів сприяє оволодінню навичками планування та постановки експерименту, формуванню вмінь аналізувати, систематизувати й узагальнювати отримані результати. Крім того, така діяльність забезпечує розвиток екологічного мислення, дослідницької культури та здатності застосовувати набуті знання для розв’язання практичних і навчально-пізнавальних завдань.

ВИСНОВКИ

1. Польові фенологічні спостереження є ефективним засобом реалізації компетентнісного підходу у природничій освіті та важливим компонентом навчально-дослідницької діяльності здобувачів освіти. Їх використання у процесі вивчення біології сприяє поєднанню теоретичних знань із практичною діяльністю, формуванню дослідницьких умінь, розвитку екологічного мислення та пізнавальної активності учнів.

2. Встановлено, що вивчення льону олійного у польових умовах забезпечує ефективне формування природничої компетентності, оскільки дозволяє учням безпосередньо спостерігати закономірності росту й розвитку рослин, оцінювати вплив екологічних чинників та набувати практичного досвіду проведення досліджень. Організація польових практикумів, фенологічних спостережень і навчально-дослідницьких завдань сприяє розвитку навичок аналізу, узагальнення та інтерпретації результатів спостережень. Водночас така діяльність формує відповідальне ставлення до природи та усвідомлення значення рослинництва у господарській діяльності людини.

3. За результатами дослідження сортовий склад льону олійного проявляє однакову динаміку процесів росту й розвитку, на покращення умов зволоження. Зміни лінійних розмірів рослин, активність продукційного процесу та розподіл сухої маси між окремими органами відображають генетичні особливості об’єктів різного призначення, та пов’язані із умовами зовнішнього середовища. Порівняно із сортами олійного призначення льон-довгунець Глінум має триваліший період вегетативного та коротший період генеративного розвитку.

4. Рослини льону культурного реагують на умови зрошення подібною зміною співвідношення між окремими частинами рослини. Продукційний процес сортів різного призначення генетично спрямований на формування основного виду продукції. Унаслідок зрошення частка стебел в наземній масі льону-довгунця зростає із 63,1 до 67,6%, а насіння –

зменшується із 17,4 до 15,1%. У олійних сортів при зрошенні частка стебел підвищується із 44,9 до 51,6%, а насіння відповідно зменшується – з 28,3 до 27,6%

5. Оцінка прядивного та олійних сортів свідчить, що за ознаками: загальна та технічна довжина, вміст лубу, міцність лубу – переваги має сорт льону-довгунця Глінум, а за елементами насіннєвої продуктивності – сорти олійного призначення. Без зрошення вищою є індивідуальна продуктивність сортів ВНІІМК 620 та Ручеек – 0,34 г/рослину, при зрошенні – Айсберг, Лірина, Надійний та Орфей – 0,43 г/рослину. Без зрошення вищу урожайність насіння забезпечують сорти Айсберг, ВНІІМК 620 – 1,37 та Орфей – 1,36 т/га, а при зрошенні – Орфей – 1,83 т/га, Айсберг – 1,82, ВНІІМК 620 та Лірина – 1,8 т/га. За рахунок зрошення вміст лубу в соломі олійних сортів збільшується в середньому в 1,52 рази – від 14,0% до 21,3%, а умовний вихід лубу – в 2,4 рази. Без зрошення найвищий вихід лубу забезпечують сорти льону олійного Лірина – 318 кг/га, Айсберг – 293 та Орфей – 266 кг/га, а при зрошенні Орфей – 763 кг/га, Надійний – 711 та Лірина – 674 кг/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрокліматичний довідник для Київської області / за ред. А. В. Богатира. Київ, 1966. 55 с.

2. Андрющенко А. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподаоських культур олійні, технічні, прядивні та кормові культури. Київ: Алефа, 2001. С. 44–50.

3. Арсланова Л. Е. Формування врожаю льону олійного залежно від агротехнології вирощування в умовах Степової зони Криму: автореф. дис… канд. с.-г. наук. Херсон, 2013. 20 с.

4. Баранник В. Г., Голобородько П. А., Гілязетдінов Р. Н. Ресурсозберігаюча технологія вирощування льонудовгунця / за ред. П. А. Голобородька. Глухів: ІЛК УААН, 2001. 29 с.

5. Барановський М. До питання про нову схему сільськогосподарського районування України. *Часопис соціально-економічної географії.* Харків. 2015. Вип. 181. С. 44–49.

6. Березовський Ю. В. Технічні рішення процесу переробки лляної сировини. *Наука та інновації.* 2017. Т. 13, № 3. С. 25–37.

7. Біднина І. О. Вміст олії в насінні льону олійного залежно від удобрення в неполивних умовах Степу: матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів з інноваційного розвитку систем землеробства та агротехнологій в Україні (м. Чабани 10–12 грудня 2007 р.). Чабани, 2007. С. 90–91.

8. Біднина І. О. Продуктивність і якість льону олійного залежно від рівня мінерального живлення в умовах півдня України: автореф. дис. … канд. с.-г наук. Херсон, 2010. 18 с.

9. Бобирь С. В., Кузьміна Т. О., Бабіч С. С. Товарознавчі властивості льоно-сировини для армування геотекстильних полотен. *Товарознавчий вісник*. 2014. №7. С. 33–40.

10. Бобирь С. В., Островська А. В., Чермошенцева К. М., Кузьміна Т. О. Одержання трести з соломи льону олійного за допомогою штучного

зволоження хімічним композиційним препаратом. *ВЕСТНИК ХНТУ*. 2012. № 2 (45). С. 127–131.

11. Бодян Р. С. Вплив ґрунтовокліматичних умов зони вирощування на урожайність сортів льону-довгунця. *Луб'яні та технічні культури*. 2014. Вип. 3. С. 107–111.

12. Божко Л. Ю. Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур: навч. посіб. МОН України. Одеса: Екологія, 2013. 240 с.

13. Болюк В. А. Вплив удобрення на продуктивність та якість насіння сортів льону олійного на чорноземах типових: автореф. дис… канд. с.-г. наук. Київ, 2011. 19 с.

14. Вешнівська Ю. С. Вплив системи удобрення на структуру та врожайність сортів льону олійного. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2011. № 34. С. 92–96.

15. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Олійні культури в Україні: навч. посіб. Київ: Основа, 2008. 347 с.

16. Гобеляк Ю. М. Підвищення продуктивності льону олійного в умовах південного Степу України шляхом оптимізації агрозаходів посівного комплексу: автореф. дис… канд. с.-г. наук. Херсон, 2008. 19 с.

17. Голобородько П. А. Логінов М. І., Ситник В. П. Ресурсозберігаюча технологія вирощування льону-довгунця: практичні рекомендації. Глухів: ГДПУ, 2006. С. 6–11.

18. Голобородько П. А. Захист посівів льону від бур’янів. *Агроном*. 2005. № 2. С. 76–77.

19. Горач О. О. До питання комплексного використання льону олійного. *Інноваційні напрями в селекції, технології вирощування та переробки технічних культур*: матер. наук.-практ. конф. молодих вчених (Глухів, 24 грудня 2009 р.). Суми, 2010. С. 79–82.

20. Горач О. О. Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: автореф. дис… канд. техн.

наук. Херсон, 2009. 24 с.

21. Дідора В. Г. Періодичність росту та продуктивність льону-довгунця залежно від агро-меліоративних заходів. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 30–32.

22. Дідора В. Г., Малиновський А. С., Дереча О. А. Льонарство: підручник / за ред. В. Г. Дідори. Житомир: Житомирський національний агроекологічний університет, 2008. 488 с.

23. Дідух В. Ф. Дударєв І. М., Кірчук Р. В. Збирання та первинна переробка льону-довгунця: монографія. Луцьк: ЛНТУ, 2008. 215 с.

24. Дмитренко В. П. Принципи і засоби визначення потенціалу урожаю сільськогосподарських культур за еколого-географічними засадами. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2005. Вип. 254. С. 9–29.

25. Дмитренко Т. Ф. Продуктивність та технологічні показники насіння льону-довгунця та олійного в зоні Полісся. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. № 3. С. 19.

26. Дмитренко Ф. Т. Особливості росту і розвитку олійних та довгунцевого типів льону в ґрунтово-кліматичних умовах поліської зони. *Науково-технічний бюлетень ІОК*. 2009. Вип 5. С. 106–113.

27. Дрозд І. Ф. Особливості впливу метеорологічних умов на формування господарсько цінних ознак льону олійного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 2. С. 178–181.

28. Дрозд І. Ф., Шпек М. П., Лях В. О. Олійність насіння сортів льону в різних умовах вирощування. *Науково-технічний бюлетень ІОК НААН*. 2010. № 15. С. 45–48.

29. Дрозд, І. Ф. Прояв та мінливість морфологічних, біохімічних і господарсько цінних ознак льону олійного в умовах Передкарпаття: автореф. дис… канд. с.г. наук. 2013. 20 с.

30. Дударєв І. М. Аналіз технологій збирання льону-довгунця. *Сільськогосподарські машини: зб. наук. статей.* Луцьк. 2009. Вип. 19. С. 47–54.

31. Дударєв І. М. Універсальна технологія збирання та післязбиральної обробки льону. *Технологічні комплекси*. 2012. № 12 (56). С. 148–152.

32. Дынник В. П. Наследование высоты растений льна. *Лён и конопля*. 1986. № 1. С. 37–38.

33. Єременко О. А., Тодорова Л. В., Покопцева Л. А. Вплив погодних умов на проходження та тривалість фенологічних фаз росту та розвитку олійних культур. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. Вип. 99. С. 45–52.

34. Єщенко В. О. Алелопатична дія водних витяжок з надземних рослинних решток різних попередників на схожість, початковий ріст і висоту рослин льону олійного. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2008. Вип. 69. С. 16–19.

35. Калієвський М. В., Єщенко В. О. Акумуляція осінньо-зимових опадів та забезпеченність рослин льону олійного вологою за різних способів та глибин основного обробітку ґрунту. *Збірник наукових праць УДАУ*. 2006. Вип. 62. С. 28-37.

36. Калініна О. Ю. Мінливість та успадковування ознак габітусу в льону олійного: автореф. дис… канд. біологіч. наук. Одеса, 2009. 23 с.

37. Калініна О. Ю., В. О. Лях. Влив умов середовища на мінливість і успадкування ознак галуження стебла і висоти рослин ліній та гібридів F1 льону олійного. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих наук*: зб. тез університетської наук.-практич. конф. студ. та молодих уч. Запоріжжя, 2009. С. 24–32.

38. Калініна О. Ю., Лях В. О. Генетичний контроль ознак габітусу в льону олійного. *Вісник Донецького національного університету*. 2008. Вип. 2. С. 314–318.

39. Кандиба Н. М. Мінливість та успадкування основних господарськоцінних ознак у міжсортових гібридів льону довгунця: автореф. дис… канд. с.-г. наук. Харків, 2006. 22 с.

40. Карпець І. П., Вареник С. О., Габенець В. В. Льонарство України та Франції. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 3. С. 83–84.

41. Коваль С. П., Єщенко В. О. Весняні запаси ґрунтової вологи та їх витрачання за вегетацію льону лйного після різних попередників. *Вісник ХНАУ*. 2009. № 3. С. 135–139.

42. Костенко Н. П. Оновлення офіційних зразків сортів льону довгунця та кудряшу (*Linum usitatissimum* L., *Linum humili* Mill.). *Сортовивчення та сортознавство*. 2012. Вип. 2. С. 11-13.

43. Лазер П. Н., Рудік О. Л., Князєв О. В. Агроекологічна оцінка сортів льону олійного за комплексною продуктивністю насіння та соломи в умовах Південного Степу України. *Современные теоретические и практические аспекты селекции гибридов и сортов масличных культур и разработка технологий их выращивания*: сб. тез. межд. науч. конф. Запорожье, 2012. 33 с.

44. Левчук Г. М., Войтович О. М. Реакція різних генотипів льону олійного на дію абіотичних факторів. *Науково-технічний бюллетень Інституту олійних культур УААН*. 2009. № 14. С. 130–136.

45. Логінов М. І., Литвиненко А. В. Урожайність та якість волокна сортів льону-довгунця різного еколого-географічного походження залежно від норм висіву насіння. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Вип. 11 (26). С. 156–159.

46. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. В. В. Волкодав. Київ. 2000. 100 с.

47. Методика проведення експертизи сортів льону довгунця, олійного (низького, кудряшу) (*Linum usitatissimum* L., *L. humbli* Mill.) на відмінність, однорідність і стабільність, затверджена Наказом Державної служби з охорони прав на сорти рослин № 838 від 15.03.2012 р., розміщена на вебсайті http://www.sops.gov.ua.

48. Нікішенко В. Л., Малярчук М. П., Заєць С. О. Льон олійний. Технологія вирощування: наук.-метод. реком. Херсон: ВАТ «Херсонська

міська друкарня», 2009. 12 с.

49. Островська А. В., Бобирь С. В., Тернова Т. І., Кузьміна Т. О. Дослідження перспектив застосування волокна льону олійного для отримання композиційних матеріалів. *Наукові нотатки*. Луцьк. 2012. Вип. 39. С. 134–140.

50. Патент на корисну модель Україна, UA МПК 2015.01 A01C700. Спосіб вирощування льону олійного харчового та лікарського призначення без зрошення та при зрошенні в умовах Сухого Степу України. О. Л. Рудік; Винахідник та власник. № 96273 заявка 13.08.2014; опубліковано 26.01.2015; Бюл. № 1.

51. Полякова І., Поляков О. Ресурси льону олійного в Україні. *Пропозиція*. 2009. № 11. С. 8–12.

52. Радченко О. В. Розвиток наукових досліджень для вирощування льону олійного в Криму. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Айлант, 2008. Вип. 56. С. 65–70.

53. Рудік О. Л. Біоенергетична оцінка комплексного використання продукції льону олійного. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур цукрових буряків: зб. наук. пр*. Київ, 2013. Вип. 19. С. 108–112.

54. Рудік О. Л. Вплив агротехнічних заходів вирощування льону олійного, призначеного для подвійного використання, на структуру стеблостою. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2017. Вип. 98. С. 117–124.

55. Рудік О. Л. Минуле, сучасність та перспективи льонарства в Україні. *Професор С. Л. Франкфурт – видатний вчений агробіолог, один із дієвих організаторів академічної наукт в Україні*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ 18 листопада 2016 р.). Київ: ТОВ «Наш формат», 2016. Ч. 2. С. 347–348.

56. 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. Вип. 21. С. 105–111.

57. Рудік О. Л. Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його використання. Біосферні основи землеробства в XXI столітті: матеріали міжнар. наук.-техніч. інтернет-конф. (м. Київ, 2 листопада 2015 р.). Київ, 2015. С. 39–44.

58. Рудік О. Л. Розширення можливостей застосування сортів льону олійного при вирощуванні в зоні сухого Степу України в умовах зрошення. Зрошуване землеробство сьогодення, проблеми, перспективи: матеріали регіон. наук.-практич. інтернет-конф., до 80-річчя проф. В. Х. Ківера (м. Дніпро 23 лист. 2017 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2017. С. 130–132.

59. Рудік О. Л. Сировинний потенціал льону олійного та перспективи його використання в медицині. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2016. Вип. 96. С. 104–111.

60. Тараймович І. В. Особливості первинної переробки стебел льону олійного в умовах Західного Полісся. *Технологічні комплекси*. 2010. № 2. С. 1–12.

61. Тіхосова Г. А. Удосконалення процесу приготування трести з соломи льону олійного за умов Півдня України. *Легка промисловість*. 2010. № 4. С. 51–52.

62. Тіхосова Г. А., Бойко Г. А., Головенко Т. М. Фізичні характеристики волокнистої частини стебел соломи льону олійного за довжиною стебел. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. № 3. С. 246–249.

63. Філіп′єв І Д., Біднина І. О., Степанова І. М. Витрати елементів живлення льоном олійним на формування врожаю. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2008. Вип. 61. С. 12–16.

64. Філіп′єв І. Д., Біднина І. О. Агроекономічна оцінка продуктивності льону олійного залежно від систем мінерального живлення в неполивних умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Айлант, 2009. Вип. 64. С. 37–42.

65. Хоміна В. Я. Агротехнологічне і теоретичне обгрунтування

технологій вирощування лікарських і ефіроолійних ультру в умовах Лісостепу: монографія. Камянець-Подільський, 2015. 185 с.

66. Чехов А. В., Лапа О. М., Міщенко Л. Ю., Полякова І. О. Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування. Київ, 2007. 55 с.

67. Чехова І. В., Чехов С. А., Шкурко М. П. Вітчизняний ринок льону. *Економіка України*. 2017. № 1. С. 52–63.

68. Юзва Ю., Кравець Н., Ониськів В. Особливості жирнокислотного складу лляної олії: матеріали XV наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль, 2011. С. 192–194.

69. Матяш Н. Ю. Фундаменталізація шкільної біологічної освіти — основа формування предметної компетентності учня. Український педагогічний журнал. 2018. № 1. С. 54–60.

70. Сисоєва С. Особистісно зорієнтовані технології: метод проектів: підручник для директора. Київ : Плеяди, 2005. №9-10. С. 25-28.

71. Тадеуш, О. М. Метод проектів як форма продуктивного навчання студентів. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 16 : Творча особистість учителя : проблеми теорії і практики : зб. наук. праць. Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2017. Вип. 29(39). С. 142-146.