

Формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*Linum humile* Mill.) в умовах Західного Лісостепу України

П. П. Ляльчук^{1*}, М. І. Бахмат¹, Б. М. Макаrchук²

¹Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, Україна, *e-mail: mr.lialchuk@gmail.com

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Встановити особливості формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*Linum humile* Mill.) в умовах Західного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. на дослідному полі Хмельницької філії Українського інституту експертизи сортів рослин (с. Требухівці, Летичівський р-н, Хмельницька обл.). Сівбу здійснювали в другій декаді квітня, норма висіву насіння – 8 млн шт./га. Предметом досліджень були сорти льону олійного 'Орфей', 'Світлозір' і 'Водограй'. Закладання дослідів, оцінювання матеріалу, фенологічні спостереження та біометричні вимірювання рослин, збирання врожаю виконували відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи технічних і кормових на придатність до поширення в Україні». Показники якості насіння льону олійного визначали згідно з «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні». **Результати.** Оптимальні умови Західного Лісостепу України сприяли своєчасному настанню фенологічних фаз росту та розвитку, а також несуттєвому варіюванню тривалості періоду вегетації (від 96 до 99 діб) рослин льону олійного. Їхню продуктивність оцінювали за такими показниками, як кількість коробочок і маса насіння з однієї рослини. За умови сівби 25 квітня та норми висіву насіння 8,0 млн шт./га найвищою врожайністю характеризувався сорт 'Світлозір' (1,45 т/га), найнижчою – 'Орфей' (0,8 т/га). Оцінювання за біохімічними показниками та визначення вмісту сирого протеїну, олії й жирних кислот (пальметинової, стеаринової, олеїнової, лінолевої, ліноленової, гондоїнової, ейкозенової та ерукової) здійснювали для сортів 'Орфей', 'Світлозір' і 'Водограй'. Так, 'Орфей' характеризувався найбільшою кількістю білка в насінні – 24,15%; 'Світлозір' мав показник 22,74%; 'Водограй' – 22,26%. Високою часткою олії в перерахунку на абсолютно суху речовину відзначився 'Водограй' – 45,6%, що на 2,19% більше ніж в сорту 'Орфей'. Уміст ліноленової кислоти варіювався від 45,703 ('Орфей') до 48,261% ('Світлозір'), а ерукову протягом досліджень не виявлено в жодному з сортів. **Висновки.** Сорти 'Орфей', 'Світлозір' і 'Водограй' характеризувалися понад 35%-м умістом олії в насінні, що відповідає вимогам ДСТУ 7577:2014, та забезпечили якість товарної продукції льону олійного.

Ключові слова: сорт; насіння; продуктивність; біохімічні показники; протеїн; олійність; жирні кислоти.

Вступ

Льон – найдавніша культивована людиною рослина, яку початково використовували у промисловості для створення фарб, лаків, волокна й натуральних виробів. Льяне волокно є цінним компонентом для автомобільної та будівельної галузей, зокрема його застосовують у процесі виготовлення вторинного композитного матеріалу [1].

З агрономічного погляду льон здатний адаптуватися до локальних умов і формувати високі та якісні врожаї навіть за негативного впливу природних факторів [2, 3]. Також з цієї культури отримують цінні, широко застосовувані в переробній, лікар-

ській і харчовій галузях технічну та харчову олії [4–7].

Нині особливо актуальними є дослідження якісного складу насіння льону, що слугує для споживачів природним джерелом найважливіших жирних кислот, понад 50% від загального вмісту яких становлять омега-6 та омега-3, необхідні для покращення й підтримання здоров'я людини [5, 6]. За кількістю ненасичених жирних кислот льяна олія удвічі переважає рибацький жир. Вона є особливо корисною для живлення мозку та покращення розумової діяльності [7].

Загальна площа льону олійного у світі становить орієнтовно 6 млн га. Найбільше його вирощують у США, Індії, Канаді та Аргентині. Середня світова врожайність насіння – 0,5–0,6 т/га. В Україні ця культура поширена в степовій і лісостеповій зонах, а її врожаї в кращих господарствах можуть досягати понад 2,0 т/га [3]. Через велику контрастність ґрунтово-кліматичних і погодних умов у період вегетації рослин за роками необхідно мати кілька типів

Petro Lialchuk

<https://orcid.org/0000-0002-2550-6871>

Mykola Bakhmat

<https://orcid.org/0000-0001-6119-9218>

Bohdan Makarchuk

<https://orcid.org/0009-0003-4957-8399>

сортів льону олійного для забезпечення стабільної врожайності та якості [8–14].

На думку багатьох дослідників, зовнішні фактори, зокрема й ґрунтово-кліматичні умови, в період інтенсивного росту рослин сильно впливають на формування якості насіння та можуть значно обмежувати реалізацію потенційних можливостей сорту [15]. Льон не дуже вимогливий до температурного режиму, проте в умовах Передкарпаття високі температури під час вегетації сприяють формуванню більшої кількості коробочок, а тому й значної маси насіння з рослини [10]. Високі середні значення морфологічних показників прямо пов'язані з урожайністю, що свідчить про великі потенційні можливості сортів.

Вчені вважають, що використовуючи селекційну стратегію, базовану на відборі рослин за кількістю на них розгалужень і коробочок, а також за масою 1000 насінин і чисельністю останніх в коробочці, можна збільшити врожай льону олійного [16–22]. Оскільки ця цінна культура є досить пластичною та стійкою проти низьких температур повітря (особливо в початковий період вегетації), актуальним є розроблення основних технологічних заходів для її вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [20, 21].

Висока чутливість окремих сортів до несприятливих факторів помітно звужує ареал їхнього поширення в різні екологічні зони. Саме тому збільшення можливостей реакції сортів на умови зовнішнього середовища є основним завданням селекціонерів [19–22]. Продуктивність льону олійного – комплексна ознака, яка значною мірою залежить від його насінневої продуктивності – кількості коробочок на рослині та насінин у коробочці, а також маси 1000 насінин і насіння з однієї рослини. Тому вив-

чення взаємозв'язків між елементами продуктивності відіграє важливу роль у селекційній роботі з досліджуваною культурою для одержання її високих урожаїв [3]. Останні можна збільшити й поліпшити за якістю, створивши оптимальні умови для росту та розвитку рослин, що також сприятиме реалізації біологічного потенціалу льону олійного [15].

Звернути увагу науки та виробництва на основні елементи технології вирощування, а також визначити стабільність сортів льону олійного можна, випробовуючи та оцінюючи їх за якісними показниками товарної продукції в конкретних умовах вирощування [20, 21].

Мета досліджень – встановити особливості формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*L. humile*) в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. на дослідному полі Хмельницької філії Українського інституту експертизи сортів рослин (с. Требухівці, Летичівський р-н, Хмельницька обл.), що за сумою середніх добових температур понад 10 °С і ступенем зволоження належить до північного помірно-теплого вологого агрокліматичного району Хмельницької області. Клімат помірно континентальний, середньорічна температура – 6–7 °С, сума опадів – 510–580 мм.

Ґрунти – чорноземи типові малогумусні слабозмиті легкосуглинкові на карбонатних лесоподібних суглинках, що характеризуються такими показниками: рН – 5,9, вміст гумусу – 2,9%, азоту – 112,0 мг/кг, фосфору – 106,0, калію – 84 мг/кг. Згідно з агрохімічним обстеженням і паспортизацією земель, ґрунти господарства є середніми за якістю (VI клас).

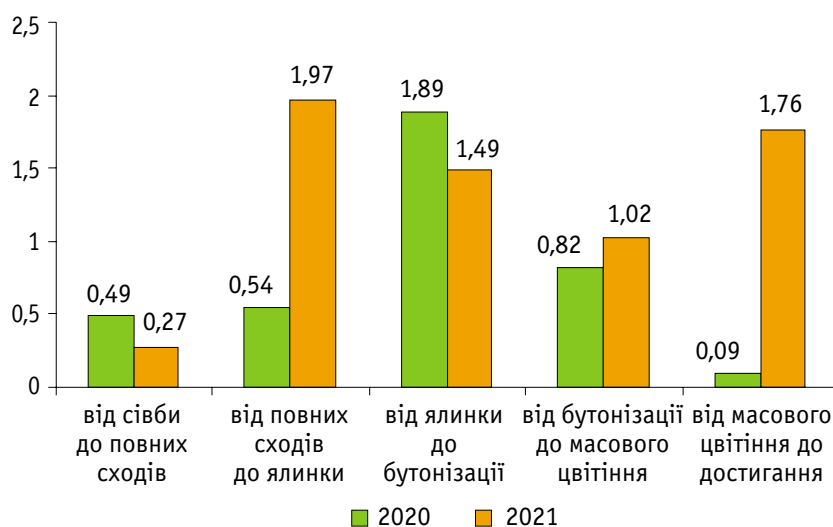


Рис. 1. Гідротермічний коефіцієнт у розрізі фенологічних стадій росту й розвитку сортів льону олійного за період 2020–2021 рр.

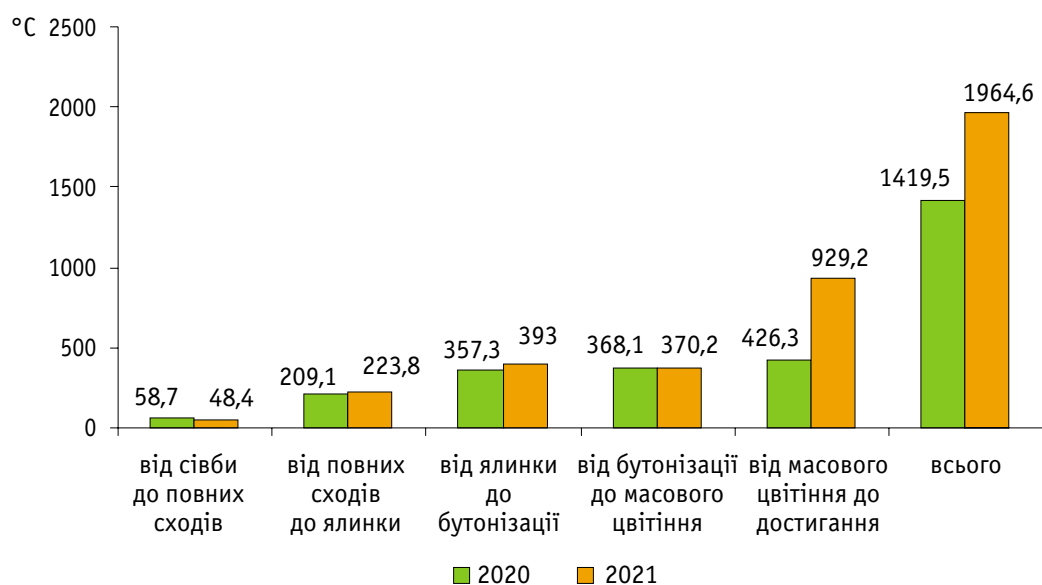


Рис. 2. Сума активних температур у розрізі фенологічних стадій росту й розвитку сортів льону олійного за період 2020–2021 рр.

Погодні умови за роки досліджень були сприятливими для росту та розвитку рослин льону олійного, про що свідчать подані на рис. 1, 2 і в табл. 1 результати метеорологічних спостережень у міжфазні періоди та в період вегетації загалом.

Таблиця 1

Кількість опадів у розрізі фенологічних фаз росту й розвитку

Код	Назва фенологічної стадії	Рік	
		2020	2021
1	Від сівби до повних сходів	2,9	23,5
2	Від повних сходів до ялинки	30,4	45,4
3	Від ялинки до бутонізації	67,7	58,7
4	Від бутонізації до масового цвітіння	30,3	37,9
5	Від масового цвітіння до досягання	3,7	163,9

Предметом досліджень були сорти льону олійного вітчизняної селекції 'Орфей', 'Водограй' і 'Світлозір' (оригіатор – Інститут олійних культур НААН), внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

'Орфей' – середньостиглий сорт. Тривалість періоду вегетації – 87–89 дб. Квітка блакитна, середньої величини, насіння помірно коричневе. Висота рослин – 55–58 см. Маса 1000 насінин – 7,5–7,9 г. Урожайність – 1,8–2,0 т/га. Вміст олії в насінні – 47–48%.

'Водограй' – середньостиглий сорт. Тривалість періоду вегетації – 87–89 дб. Квітка середньої величини, забарвлення пелюсток віночка блакитне, пиляки сині, насіння помірно коричневе. Висота рослин – 54–60 см. Маса 1000 насінин – 7,5–8,0 г. Урожайність – 2,0–2,5 т/га. Вміст олії в насінні – 48–50%, ліноленової кислоти в олії – понад 70%.

'Світлозір' – середньостиглий сорт із чіткими маркерними ознаками, а саме: білим забарвленням пелюсток віночка і жовтим насінням. Тривалість періоду вегетації – 86–87 дб. Висота рослин – 53–57 см. Маса 1000 насінин – 9,0–9,5 г. Вміст олії в насінні – 48–50%, ліноленової кислоти в олії – 68–70%. Урожайність – 2,0–2,5 т на гектар.

Сівбу здійснювали у другій декаді квітня звичайним рядковим способом з міжряддям 15 см. Норма висіву насіння – 8 млн шт./га. Загальна посівна площа ділянки – 57,2 м² (2,86 × 20 м), облікова – 50 м² (2,50 × 20 м). Повторність досліду чотириразова; варіанти розміщували, послуговуючись методом розщеплених ділянок. Агротехніка вирощування культури була загальноприйнятною для зони Лісостепу. Попередником слугувала озима пшениця. Фенологічні спостереження у процесі росту та розвитку рослин льону олійного проводили в такі фази:

Сівба (20.04)	Сходи (25.04–28.04)
Сходи (25.04–28.04)	Ялинка (15.05–18.05)
Ялинка (15.05–18.05)	Бутонізація (08.06–12.06)
Бутонізація (08.06–12.06)	Цвітіння (25.06–30.06)
Цвітіння (25.06–30.06)	Досягання (30.07–05.08)

Закладання дослідів, оцінювання матеріалу, фенологічні спостереження та біометричні вимірювання рослин, збирання врожаю виконували відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи технічних і кормових на придатність до поширення в Україні» [23].

Визначення показників якості насіння льону олійного здійснювали згідно з ДСТУ

Таблиця 2

Фенологічні фази росту й розвитку рослин льону олійного (середнє за 2020–2021 рр.)

Міжфазний період	Роки досліджень	Календарні дати настання фаз	Тривалість міжфазного періоду, діб
Сівба – сходи	2020	20.04–25.04	5
	2021	20.04–28.04	8
Сходи – ялинка	2020	25.04–15.05	20
	2021	28.04–18.05	20
Ялинка – бутонізація	2020	15.05–08.06	24
	2021	18.05–12.06	25
Бутонізація – цвітіння	2020	08.06–25.06	17
	2021	12.06–30.06	18
Цвітіння – досягання	2020	25.06–30.07	35
	2021	30.06–05.08	36
Веgetаційний період загалом	2020	25.04–30.07	96
	2021	28.04–05.08	99

4967-2008 за «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [24, 25].

Для статистичного аналізу отриманих результатів використовували сучасні комплекси дисперсійного та кореляційного аналізів, розроблені вітчизняними й іноземними науковцями. Статистичне оброблення результатів експериментальних досліджень виконували методом дисперсійного аналізу, застосовуючи комп'ютерні програми Agrostat і Statistica 10.0 [15].

Результати досліджень

Встановлено, що на ріст і розвиток рослин льону олійного впливають не лише спадкові ознаки сортів, але й умови зони вирощування. Сорти 'Орфей', 'Водограй' і 'Світлозір' належать до степового еко типу (тривалість періоду вегетації – від 96 до 99 діб) та можуть бути рекомендовані до вирощування в західних регіонах України, зокрема Західному Лісостепу, де біологічні особливості ботанічного таксона *L. humile* сприяли завершенню повного циклу росту та розвитку рослин (від насіння до насіння).

Погодні умови 2020 року характеризувалися суттєвим варіюванням середньодобових температур повітря та їхніми високими значеннями (15 °C) у другій і третій декадах квітня, що за повної відсутності (друга декада квітня) або малої кількості опадів (3,8 мм у третій декаді квітня) негативно вплинуло на ріст і розвиток рослин льону олійного на початковій стадії.

Сприятливішим для формування врожайності та якості насіння був 2021 р. Середньодобові температури (8,5 і 7,4 °C) та кількість опадів (52,6 і 49,7 мм) двох декад квітня майже не відрізнялися від середньобагаторічних величин. Це позитивно вплинуло на отримання дружних сходів і забезпечило формування оптико-біологічної структури посіву.

З травня до червня відбувається інтенсивний ріст льону олійного. Саме в цей період споживання води рослинами досягає свого максимуму, тому для отримання високих та якісних врожаїв необхідне достатнє й рівномірне зволоження [26, 29–31, 34–36].

Сівба льону в другій декаді квітня спричинила незначне варіювання тривалості періоду вегетації – від 96 до 99 діб. Умови Лісостепу були оптимальними для росту та розвитку рослин, про що свідчать календарні дати настання відповідних фенологічних фаз (табл. 2).

Досліджено такі елементи продуктивності льону олійного, як кількість коробочок на одній рослині, маса насіння з рослин і врожайність (табл. 3).

Таблиця 3

Продуктивність сортів льону олійного (середнє за 2020–2021 рр.)

Сорти	Кількість коробочок на рослині, шт.	Маса насіння з рослини, г	Урожайність, т/га
'Орфей'	15,7	0,62	0,8
'Водограй'	18,2	1,64	1,1
'Світлозір'	33,8	3,71	1,45
НІР _{0,05}	0,9	0,04	0,18

Так, кількість коробочок на одній рослині варіювалася від 15,7 ('Орфей') до 33,8 шт. ('Світлозір').

Одна рослина залежно від сорту в середньому забезпечувала від 0,62 до 3,71 г насіння. Найвищою масою 1000 насінин відзначився 'Світлозір' – 8,6 г, що на 1,7 г більше ніж в сорту 'Орфей'.

2020 рік характеризувався менш сприятливими погодними умовами, порівнюючи з 2021-м, а тому й нижчою врожайністю: від 0,8 до 1,45 т/га в сортів 'Орфей' і 'Світлозір' відповідно (за строку сівби 25 квітня та норми висіву насіння 8,0 млн шт. га).

Загалом, умови зовнішнього середовища сильно впливають не лише на процес олієутворення та кількість жиру, накопичувану в насінні олійних рослин [27, 28, 32, 33], а й на формування врожайності товарної продукції та якості насіння [33, 35]. На рисунку 3 продемонстровано, якою була частка впливу досліджуваних чинників на формування вмісту олії в насінні льону.

Формування хімічного складу жирів, накопичення більшої кількості ненасичених кислот, про що свідчить підвищення йодного числа, відбуваються в період дозрі-

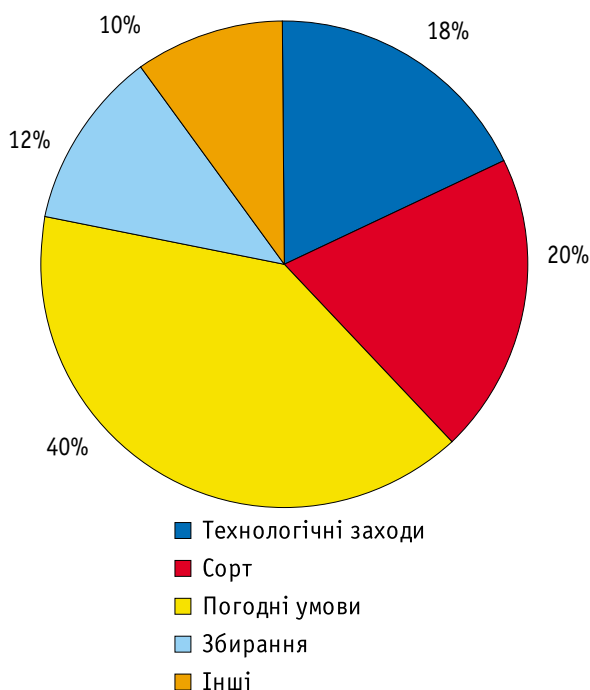


Рис. 3. Частка впливу досліджуваних чинників на врожайність льону олійного (2020–2021 рр.)

вання насіння під впливом мінливості температури.

Сорти льону олійного ‘Орфей’, ‘Світлозір’ і ‘Водограй’ оцінили за такими біохімічними показниками, як вміст сирого протеїну, олії та жирних кислот (пальметинової, стеаринової, олеїнової, лінолевої, ліноленової, гондоїнової, ейкозенової та ерукової) (табл. 4). Так, ‘Орфей’ характеризувався найбільшою кількістю білка в насінні – 24,15%, ‘Світлозір’ мав показник 22,74%, ‘Водограй’ – 22,26%. Найвищою олійністю відзначився ‘Водограй’ – 45,60%, що на 2,19% більше ніж в сорту ‘Орфей’. Загалом, у всіх досліджуваних сортах уміст олії на абсолютно суху речовину був на рівні 43,41–45,24%, що значно перевищило встановлену стандартну норму (35% за ДСТУ 7577-2014) [37].

Цінність лляної олії та її ефективне використання в харчовій промисловості зумовлені вмістом у ній (від 45,703 (‘Орфей’) до 48,261% (‘Світлозір’)) лінолевої ненасиченої жирної кислоти, багатой на омега-3 (n-3) та омега-6 (n-6). Ерукову кислоту протягом досліджень не виявлено в жодному з сортів і варіантів.

За результатами досліджень встановлено, що біохімічні показники льону олійного, вирощеного в західних регіонах України, не суттєво відрізнялися від тих, за якими було проведено державну реєстрацію сортів, селекцію яких здійснювали в умовах, характерних для Степу України [28, 33, 34].

Таблиця 4

Біохімічні показники насіння сортів льону олійного (середнє за 2020–2021 рр.)

Показники якості	Сорти		
	‘Орфей’	‘Водограй’	‘Світлозір’
Маса 1000 насінин, г	6,9	7,4	8,6
Вміст сирого протеїну, % на абсолютно суху речовину	24,15	22,26	22,74
Вміст олії, % на абсолютно суху речовину	43,41	45,60	45,24
Вміст жирних кислот, %			
пальметинова	4,101	3,958	3,725
стеаринова	0,611	0,730	0,716
олеїнова	17,404	14,811	15,436
лінолева	17,241	15,820	16,812
ліноленова	45,703	45,589	48,261
гондоїнова	13,098	13,230	13,175
ейкозенова	1,841	1,861	1,875
ерукова	0,00	0,00	0,00

Отже, сорти льону олійного ‘Орфей’, ‘Світлозір’ і ‘Водограй’ в умовах Західного Лісостепу України за біохімічними показниками, олійністю та відсутністю ерукової кислоти продемонстрували високу якість насіння. Остання, як і продуктивність, сформувалася під впливом різних чинників. Зокрема, частка впливу технологічних заходів становила 18%, сорту – 20, погодних умов років досліджень – 40, збирання – 12, інших факторів – 10%.

Висновки

За результатами експериментальних досліджень з формування біохімічних показників насіння можна зробити висновок, що ріст і розвиток сортів льону олійного відбувалися в оптимальних умовах Західного Лісостепу України. Це забезпечило своєчасність настання фенологічних фаз росту та розвитку рослин і несуттєве варіювання тривалості періоду вегетації – від 96 до 99 діб.

Продуктивність сортів льону олійного оцінили за такими елементами, як кількість корбочок на одній рослині – варіювалася від 15,7 (‘Орфей’) до 33,8 шт. (‘Світлозір’); маса зерна з однієї рослини – від 0,62 до 3,71 г; урожайність – від 0,8 до 1,45 т/га в сортів ‘Орфей’ і ‘Світлозір’ відповідно (за строку сівби 25 квітня та норми висіву насіння 8,0 млн шт./га).

Сорт ‘Орфей’ характеризувався найбільшою кількістю сирого протеїну в насінні – 24,15%, ‘Світлозір’ мав показник 22,74%, ‘Водограй’ – 22,26%. Найвищою олійністю відзначився ‘Водограй’ – 45,60%, що на 2,19% більше ніж в сорту ‘Орфей’. Загалом, у всіх досліджуваних сортах уміст олії на абсолютно суху речовину був на рівні 43,41–45,24%, що значно перевищило встановле-

ну стандартну норму (35% за ДСТУ 7577-2014).

Вміле використання біологічних особливостей сортів у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України, а також дотримання й своєчасне здійснення рекомендованих агротехнологічних заходів забезпечують оптимальний ріст і розвиток рослин льону олійного, формування показників продуктивності та якості насіння.

Використана література

- Zahir A., Ahmad W., Nadeem M. et al. *In vitro* cultures of *Linum usitatissimum* L.: Synergistic effects of mineral nutrients and photoperiod regimes on growth and biosynthesis of lignans and neolignans. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2018. Vol. 187. P. 141–150. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2018.08.009
- Quéro A., Molinié R., Elboutachfaiti R. et al. Osmotic stress alters the balance between organic and inorganic solutes in flax (*Linum usitatissimum*). *Journal of Plant Physiology*. 2014. Vol. 171, Iss. 1. P. 55–64. doi: 10.1016/j.jplph.2013.07.006
- Rudik O. L. Influence of agrotechnical methods on yield formation and quality of seeds of oil-bearing flax. *Agrology*. 2019. Vol. 2, Iss. 1. P. 3–9. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14011
- Kulma A., Zukab M., Long S. H. et al. Biotechnology of fibrous flax in Europe and China. *Industrial Crops and Products*. 2014. Vol. 68. P. 50–59. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.08.032
- Lalaleo L., Alcazar R., Palazon J. et al. Comparing aryltetralin lignan accumulation patterns in four biotechnological systems of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*. 2018. Vol. 228. P. 197–207. doi: 10.1016/j.jplph.2018.06.006
- Lalaleo L., Testillano P., Risueño M.-C. et al. Effect of *in vitro* morphogenesis on the production of podophyllotoxin derivatives in callus cultures of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*. 2018. Vol. 228. P. 47–58. doi: 10.1016/j.jplph.2018.05.007
- Куприянова А. А. Целебные растительные масла. Харьков, 2015. С. 56–63.
- Вишнівська Ю. С. Вплив системи удобрення на формування продуктивності льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 5. С. 77–78.
- Дрозд І. Ф., Лях В. О. Інтервал варіювання ознак продуктивності льону олійного в умовах Львівщини. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. Вип. 17. С. 60–66.
- Лях В. О., Дрозд І. Ф. Мінливість господарсько-цінних ознак у льону олійного в умовах Передкарпаття. *Бюлетень Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 66–72.
- Махова Т. В., Поляков О. І. Врожайність льону олійного в умовах південного Степу України в залежності від строків сівби та норм висіву. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. Вип. 17. С. 116–120.
- Оккерт А. В. Вплив норм висіву на формування продуктивності льону олійного сорту Водограй. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. Вип. 18. С. 118–121.
- Шеремет Ю. В., Дідора В. Г., Шваб С. Б. Сортіві особливості технології вирощування льону олійного в умовах Полісся України. *Луб'яні та технічні культури*. 2014. Вип. 3. С. 102–106.
- Ровна О. В. Продуктивність льону олійного залежно від позакореневого підживлення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2014. Вип. 9. С. 97–100.
- Шеремет Ю. В., Деревон І. Ю., Дідора В. Г. Факторний аналіз польового дослідження на прикладі льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 4. С. 19–23.
- Товстановська Т. Г. Мінливість елементів насінневої продуктивності льону олійного в умовах Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2015. Вип. 22. С. 90–97.
- Адамень Ф. Ф., Лазер П. Н., Рудік О. Л., Патраков О. І. Вплив строків посіву та норм висіву на врожайність і водоспоживання льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 81. С. 14–18.
- Березовський Ю. В. Використання нових технічних рішень у промисловому виробництві лляної продукції. *Наука та інновації*. 2016. Т. 12, № 4. С. 53–68. doi: 10.15407/scin12.04.051
- Онюх Ю. М., Дідух В. Ф., Тараймович І. В. Дослідження умов вирощування льону олійного. *Сільськогосподарські машини*. 2016. Вип. 34. С. 104–110.
- Рудік О. Л. Формування урожаю льону олійного залежно від терміну посіву та норм висіву в зоні Сухого Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. Вип. 95. С. 79–86.
- Дрозд І. Ф. Вплив біологічних особливостей сорту на якісні показники льону олійного в умовах Передкарпаття України. *Вісник Львівського аграрного університету: Агронія*. 2017. Вип. 21. С. 142–147.
- Кононенко Л. М. Продуктивність посівів льону олійного за різних норм висіву насіння в умовах південної частини Правобережного Лісостепу. *Вісник Житомирського національного аграрного університету*. 2017. № 1. С. 94–102.
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця, 2017. 74 с.
- Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця, 2016. 159 с.
- Насіння льону олійного для перероблення. Технічні умови: ДСТУ 4967-2008. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 12 с.
- Каленська С. М., Новицька Н. В., Степаненко Ю. П. та ін. Довговічність насіння олійних культур. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 63–70.
- Столярчук Т. А., Кисильчук А. М. Порівняльна характеристика морфологічних особливостей сортів льону олійного в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. Вип. 4. С. 136–139.
- Рудік О. Л., Рудік Н. М. Оцінка технологій збирання льону олійного, призначеного для подвійного використання. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. Вип. 24. С. 208–213.
- Каленська С. М., Столярчук Т. А. Сортіві особливості формування структури врожаю та врожайності льону олійного залежно від норми висіву та ширини міжрядь. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 4, № 3. С. 302–309. doi: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145302
- Поляков О. І., Нікітенко О. В., Махно О. О. Вплив агроприйомів вирощування на водоспоживання льону олійного сорту Водограй. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 27. С. 117–124.
- Шувар А. М. Вплив строків сівби сортів льону олійного на продуктивність за різних норм висіву. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 28. С. 160–167.
- Ягелюк С. В., Дідух В. Ф., Кірчук Р. В. Дослідження процесів збирання льону олійного з використанням стеблової частини врожаю. *Товарознавчий вісник*. 2019. Вип. 12. С. 282–295. doi: 10.36910/6775-2310-5283-2019-12-28
- Полякова І. О. Селекційна оцінка сортів льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 27. С. 79–87. doi: 10.36710/ioc-2019-27-09
- Рудік О. Л., Гальченко Н. М., Коновалова В. М. Моделювання рівнів продуктивності та аналіз ефективності технологій вирощування льону олійного в умовах Півдня України

- ни. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 119–122. doi: 10.32848/0135-2369.2019.71.25
35. Дрозд І. Ф. Вплив метеорологічних умов Передкарпаття на морфологічні та біохімічні показники льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2020. Вип. 29. С. 112–122. doi: 10.36710/ioc-2020-29-11
 36. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Дзюбайло А. Г. Продуктивність льону олійного залежно від впливу біопрепаратів та комплексних добрив. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69(1). С. 142–156. doi: 10.32636/01308521.2021-(69)-9
 37. Насіння олійне. Визначення вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета : ДСТУ 7577:2014. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 10 с.
- ## References
1. Zahir, A., Ahmad, W., Nadeem, M., Giglioli-Guivarc'h, N., Hano, C., & Haider Abbasi, B. (2018). *In vitro* cultures of *Linum usitatissimum* L.: Synergistic effects of mineral nutrients and photoperiod regimes on growth and biosynthesis of lignans and neolignans. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 187, 141–150. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2018.08.009
 2. Quéro, A., Molinié, R., Elboutachfaiti, R., Petit, E., Pau-Roblot, C., Guillot, X., Mesnard, F., & Courtois, F. J. (2014). Osmotic stress alters the balance between organic and inorganic solutes in flax (*Linum usitatissimum*). *Journal of Plant Physiology*, 171, 55–64. doi: 10.1016/j.jplph.2013.07.006
 3. Rudik, O. L. (2019). Influence of agrotechnical methods on yield formation and quality of seeds of oil-bearing flax. *Agrology*, 2(1), 3–9. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14011
 4. Kulma, A., Zuk, M., Long, S. H., Qiu, C. S., Wang, Y. F., Jankauskiene, S., Preisner, M., ... Szopa, J. (2014). Biotechnology of fibrous flax in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 68, 50–59. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.08.032
 5. Lalaleo, L., Alcazar, R., Palazon, J., Moyano, E., Cusido, R. M., & Bonfill, M. (2018). Comparing aryltetralin lignan accumulation patterns in four biotechnological systems of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*, 228, 197–207. doi: 10.1016/j.jplph.2018.06.006
 6. Lalaleo, L., Testillano, P., Risueño, M.-C., Cusido, R. M., Palazon, J., Alcazar, R., & Bonfill, M. (2018). Effect of *in vitro* morphogenesis on the production of podophyllotoxin derivatives in callus cultures of *Linum album*. *Journal of Plant Physiology*, 228, 47–58. doi: 10.1016/j.jplph.2018.05.007
 7. Kupriyana, A. A. (2015). *Medicinal vegetable oils* (pp. 56–63). Kharkiv: N.p.
 8. Vyshnivska, Yu. S. (2012). The influence of the fertilization system on the formation of oil flax productivity. *Bulletin of Agricultural Science*, 5, 77–78. [In Ukrainian]
 9. Drozd, I. F., & Lyakh, V. A. (2012). Variability interval of productivity traits for oil flax in Lvov region. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 17, 60–66. [In Ukrainian]
 10. Lyakh, V. A., & Drozd, I. F. (2012). Variability of economically valuable features in linseed oil in the conditions of the Precarpathian region. *Bulletin Institute of Agriculture of Steppe zone NAAS of Ukraine*, 2, 66–72. [In Ukrainian]
 11. Mahova, T. V., & Poliakov, O. I. (2012). Yield of flax is oily (*Linum humile* Mill) in the conditions of the southern steppe of Ukraine, depending on the sowing time and sowing rates. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 17, 116–120. [In Ukrainian]
 12. Okkert, A.V. (2013). Influence of sowing rates on the formation of flax productivity of the Vodograj oil variety. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 18, 118–121. [In Ukrainian]
 13. Sheremet, Yu. V., Didora, V. G., & Shvab, S. B. (2014). Varietal characteristics of linseed's growing technology in Ukrainian Polissia. *Journal Linseed and Technical Crops*, 3(8), 102–106. [In Ukrainian]
 14. Rovna, O. V. (2014). Productivity of linseed depending on foliar fertilization. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 9, 97–100. [In Ukrainian]
 15. Sheremet, Yu. V., Derebon, I. Yu., & Didora, V. G. (2014). Factor analysis of a field experiment on the example of linseed oil. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 19–23. [In Ukrainian]
 16. Tovstanovska, T. H. (2015). Variability of elements of seed productivity of flax is oily (*Linum humile* Mill) in the conditions of the Steppe of Ukraine. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 22, 90–97. [In Ukrainian]
 17. Adamen, F. F., Lazer, P. N., Rudik, O. L., & Patrakov O. I. (2012). Influence of sowing dates and sowing rates on yield and water consumption of oilseed flax. *Tavria Scientific Bulletin*, 81, 14–18. [In Ukrainian]
 18. Berezovsky, Yu. V. (2016). Application of New Technical Decisions in the Industrial flax Production. *Science and Innovation*, 12(4), 51–68. doi: 10.15407/scin12.04.051 [In Ukrainian]
 19. Onyukh, Yu. M., Didukh, V. F., & Taraymovych, I. V. (2016). Investigation of the conditions of growing flax oil. *Agricultural Machines*, 34, 104–110. [In Ukrainian]
 20. Rudik, O. L. (2016). Peculiarities of yield formation of oil-bearing flax depending on sowing dates and seeding rates in dry steppe zone of Ukraine. *Tavria Scientific Bulletin*, 95, 79–86. [In Ukrainian]
 21. Drozd, I. F. (2017). Influence of biological characteristics of a variety on qualitative indicators of flax is oily (*Linum humile* Mill) in conditions of Precarpathian Ukraine. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 21, 142–147. [In Ukrainian]
 22. Kononenko, L. M. (2017). Productivity of sowing of linseed oil at different rates of sowing of seeds in wombs of the southern part of the Right-bank Forest Steppe. *Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, 1, 94–102. [In Ukrainian]
 23. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2017). *Methodology of conducting qualitative examination of plant varieties of technical and fodder group for suitability for distribution in Ukraine*. Vinnytsia: N.p. [In Ukrainian]
 24. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators*. Vinnytsia: N.p. [In Ukrainian]
 25. Seeds of oil flaxseed for processing. Specifications: State standart of Ukraine 4967-2008. (2010). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [In Ukrainian]
 26. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Stepanenko, Yu. P., Stoliarchuk, T. A., Taran, V. G., Ryzhenko, A. S., & Yeremenko, O. A. (2017). Longevity of seed of oily crops. *Bulletin of Agricultural Science*, 12, 63–70. [In Ukrainian]
 27. Stoliarchuk, T. A., & Kysilchuk, A. M. (2017). Comparative characteristics of morphological features of linseed oil in the conditions of the Right-bank Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 136–139. doi: 10/31210/visnyk2017.04.27 [In Ukrainian]
 28. Rudik, O. L., & Rudik, N. M. (2017). Evaluation of technologies for collecting oil flax intended for dual use. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 24, 208–213. [In Ukrainian]
 29. Kalenska, S. M., & Stoliarchuk, T. A. (2018). Varietal features of oil linseed yield formation depending on sowing rate and inter-row spacing in the conditions of Right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(3), 302–309. doi: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145302 [In Ukrainian]
 30. Poliakov, O. I., Nikitenko, O. V., & Makhno, O. O. (2019). Influence of cultivation techniques on water consumption of oil flax varieties. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 27, 117–124. [In Ukrainian]

31. Shyvar, A. M. (2019). Influence of sowing dates of oil flax varieties on the productivity at different seeding rates. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 28, 160–167. [In Ukrainian]
32. Yaheliuk, S. V., Didukh, V. F., & Kirchuk, R. V. (2019). Picking up the oil flax yield with the stem part usage investigation. *Tovarovnavchiiy Visnik*, 12, 282–295. doi: 10.36910/6775-2310-5283-2019-12-28 [In Ukrainian]
33. Poliakova, I. O. (2019). Breeding assessment of oil flax. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 27, 79–87. [In Ukrainian]
34. Rudik, O. L., Galchenko, N. M., & Konovalova, V. M. (2019). Modeling of productivity levels and analysis of the effectiveness of flax cultivation technologies in Southern Ukraine. *Irrigated Agriculture*, 71, 119–122. doi: 10.32848/0135-2369.2019.71.25 [In Ukrainian]
35. Drozd, I. F. (2020). Influence of meteorological conditions in Precarpathian on morphological and parameters of oil flax. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 29, 112–122. doi: 10.36710/ioc-2020-29-11 [In Ukrainian]
36. Shuvar, A. M., Rudavska, N. M., & Dziubailo, A. G. (2021). The impact of biopreparations and complex microfertilizers on the productivity of oil flax. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 69(1), 142–156. [In Ukrainian]
37. *Oil seeds. Determination of the oil content by the extraction method in Sokslet apparatus: State standart of Ukraine 7577:2014*. (2015). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [In Ukrainian]

UDC 633.854.54: 631.5 (477.43 + 477.4)

Lialchuk, P. P., Bakhmat, M. I., & Makarchuk, B. M.² (2023). Formation of yield and seed quality of linseed varieties (*Linum humile* Mill.) in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 254–261. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291228>

¹Higher educational institution "Podillia State University", 13 Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi Region, 32316, Ukraine, *e-mail: mr.lialchuk@gmail.com

²Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

Purpose. To determine the peculiarities of yield and seed quality formation of varieties of linseed (*Linum humile* Mill.) in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine.

Methods. The research was conducted in 2020–2021 at the experimental field of the Khmelnytskyi branch of the Ukrainian Institute for Plant Varieties Examination (Trebukhivtsi village, Letychivskyi district, Khmelnytskyi region). Sowing was carried out in the second decade of April, the sowing rate was 8.0 million seeds per hectare. Subjects of the research were oil flax varieties 'Orfei', 'Svitlozir' and 'Vodohrai'. The experimental design, evaluation of material, phenological observations and biometric measurements of plants, harvesting were carried out in accordance with the "Methodology for the qualification examination of plant varieties of the technical and fodder group for suitability for distribution in Ukraine". The quality indicators of linseed were determined according to the "Methodology of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine". **Results.** The optimal conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine contributed to the timely onset of the phenological phases of growth and development, as well as to the insignificant variation in the duration of the vegetation period (from 96 to 99 days) of the

flax plants. Productivity was assessed using indicators such as the number of pods and the weight of seeds per plant. Under the condition of sowing on 25 April and the sowing rate of 8.0 million seeds per hectare, the highest yield was characterised by the variety "Svitlozir" (1.45 t/ha), the lowest – 'Orfei' (0.8 t/ha). The varieties 'Orfei', 'Svitlozir' and 'Vodohrai' were evaluated by biochemical indicators and the content of crude protein, oil and fatty acids (palmitic, stearic, oleic, linoleic, linolenic, gondoic, eicosapentaenoic and erucic) was determined. Thus, 'Orfei' was characterised by the highest amount of protein in the seeds – 24.15%; 'Svitlozir' had an indicator of 22.74%; 'Vodohrai' – 22.26%. A high percentage of oil in the total dry matter was found in 'Vodohrai' – 45.6%, which is 2.19% more than in 'Orfei'. The content of linolenic acid varied from 45.703 ('Orfei') to 48.261% ('Svitlozir') and erucic acid was not detected in any of the varieties during the study. **Conclusions.** The varieties 'Orfei', 'Svitlozir' and 'Vodohrai' were characterised by more than 35% oil content in seeds, which meets the requirements of State Standard 7577:2014 and ensures the quality of marketable oil flax products.

Keywords: variety; seed; productivity; biochemical indicators; protein; oiliness; fatty acids.

Надійшла / Received 12.10.2023
Погоджено до друку / Accepted 29.11.2023