Селекція

УДК 633.854.54:631.527 https://doi.org/10.31867/2523-4544/0280

ОСОБЛИВОСТІ ГІБРИДИЗАЦІЇ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО З ДИКИМИ ОДНОРІЧНИМИ ВИДАМИ

Т. Г. Товстановська, О. І. Поляков
Інститут олійних культур НААН, вул. Інститутська, 1, сел. Сонячне, Запорізький район, Запорізька область, 69055, Україна

Актуальність. *Дикі види льону є носіями селекційно-цінних ознак і можуть використовуватися в селекційних програмах для отримання міжвидових гібридів, стійких до абіотичних і біотичних факторів середовища, з більшим потенціалом врожайності, ніж внутрішньовидові, за рахунок великого галуження та кількості коробочок на стеблах.* ***Мета.*** *Поглиблене вивчення диких однорічних видів льону L. angustifolium і L. hispanicum за цінними селекційними ознаками, включення їх у схрещування зі зразками культурного льону для отримання міжвидових гібридів з підвищеним галуженням і високою насіннєвою продуктивністю.* ***Матеріали і методи.*** *Дослідження проводили у 2017–2018 рр. в Інституті олійних культур НААН. Матеріалом для досліджень були батьківські форми: дикі однорічні гомостильні види з n = 15 L. angustifolium і L. hispanicum, зразки культурного льону: Л 5 (Чехія), Л 6 (Індія), М 32/2 (Україна) та 12 міжвидових комбінацій. Батьківські форми досліджували за морфологічними та господарсько-цінними ознаками. Вміст олії в насінні визначали на лабораторному ЯМР-аналізаторі АМВ-1006, вміст жирних кислот в олії – методом газорідинної хроматографії на приладі «Селміхром-1». У міжвидових гібридів підраховували кількість та відсоток зав'язування коробочок та насіння в них.* ***Результати.*** *Вивчено однорічні гомостильні дикі види льону з n = 15 L. angustifolium і L. hispanicum за морфологічними, господарсько-цінними ознаками та біохімічними показниками в порівнянні зі зразками культурного льону. Проведено міжвидові схрещування та отримано гібридне насіння. Цінними для селекції льону ознаками диких видів є їх ранньостиглість (68–71 діб проти 76–89,5 діб у зразків культурного льону), велика кількість стебел на рослині (5,6–6,5 шт. проти 1,4–2,9 шт.), бічних пагонів (16,8–17,9 шт. проти 5,7–10,0 шт.), коробочок (48,9–61,2 шт. проти 15,5–29,2 шт.). Встановлено, що за вмістом ненасичених лінолевої і ліноленової кислот дикі види мали характерний для культурного льону склад (13,0–16,2 % та 57,2–58,6 % відповідно). У L. hispanicum встановлено підвищений рівень насиченої стеаринової кислоти (6,4 %) порівняно з іншими генотипами, у яких цей показник був у межах 1,7–3,8 %.* ***Висновки.*** *Виявлено зниження рівня зав'язуваності гібридних коробочок і насіння в них внаслідок впливу несприятливих погодних умов. Показано вищий відсоток зав'язування коробочок і насіння в них у схрещуваннях, де в якості материнської форми був культурний льон.*

Ключові слова: *льон культурний, L. angustifolium, L. hispanicum, погодні умови, морфологічна ознака, господарська ознака, міжвидове схрещування, гібрид, генотип, гібридне насіння, зав'язуваність насіння*

Вступ. Сучасне сільське господарство висуває підвищені вимоги до рівня кількісних та якісних показників сільськогосподарських культур. Селекційна робота зі створення сортів з високим генетичним потенціалом продуктивності, адаптованих до змін клімату неможлива без залучення генофонду дикорослих видів рослин [1, 2].

Внутрішньовидова гібридизація є і залишається головним методом створення вихідного матеріалу в селекції, завдяки їй створено велику кількість сортів. Однак резерви внутрішньовидової рекомбінантної мінливості поступово вичерпуються, тому в світовій селекційній практиці використовують міжвидову гібридизацію для о тримання но-

Інформація про автора:
Товстановська Тетяна Григорівна, *канд. с.-г. наук, провідний науковий співробітник лаб. селекції льону*, e-mail: tovstanovskat@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7295-4538
Поляков Олександр Іванович, *доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, завідувач відд. агротехнології та впровадження,* https://orcid.org/0000-0003-1505-5154

вих гібридних форм, які об'єднують у своїй спадковості цінні якості батьківських компонентів [3, 4]. На думку багатьох дослідників, саме завдяки інтрогресії нових комплексів генів можна отримати принципово нові генотипи. Міжвидова гібридизація між культурним та диким льоном може дати цінну зародкову плазму для селекції льону та полегшити вивчення генетичного механізму, який лежить в основі господарських ознак [5].

Важливим є те, що в результаті міжвидових схрещувань утворюється ширший спектр мінливості, серед якої можна вилучити нові форми, а також донори цінних ознак [6].

Види роду *Linum* L. мають широке географічне поширення в усіх областях земної кулі. Різні дослідники налічують від 100 до 300 видів з різною кількістю хромосом (12–64) [6, 7]. Вони різняться також за морфологічними, фізіологічними та біохімічними ознаками. Олійний льон *Linum humile* Mill. входить у групу з n = 15. До цієї групи належать також дикі однорічні види *L. angustifolium* Huds., *L. hispanicum* Mill., *L. bienne* Mill., *L. crepitans* (Boenn.) Dumort, які є найближчими родичами культурного льону. Існує думка, що виникненню культурного льону сприяла гібридизація кількох близьких видів [8–10].

Завдяки своїм біологічним особливостям дикі види льону є носіями різноманітних селекційно-цінних ознак. Вони мають комплекс адаптивних ознак, зокрема, гени стійкості до екстремальних факторів навколишнього середовища та багатьох хвороб, які вражають льон культурний. Цінним є їх раннє дозрівання, оскільки зі зміною клімату в сторону потепління виникає потреба у просуванні льону олійного в регіони з більшою кількістю опадів, ніж на сході й півдні України, де в основному вирощується льон олійний. Міжвидові гібриди льону можуть бути більш врожайними, ніж внутрішньовидові за рахунок великого галуження і кількості коробочок на стеблах [11, 12]. Окрім цього, вони мають генетичне різноманіття за жирнокислотним складом олії, що дає можливість для створення сортів різних напрямів використання – технічного, харчового, медичного з різним співвідношенням кислот [13].

Незважаючи на актуальність міжвидової гібридизації льону, наукових праць за даним напрямом вкрай мало. Міжвидова гібридизація – більш трудомісткий метод створення вихідного матеріалу, ніж внутрішньовидова. Рід Linum гетерогенний за кількістю, розмірами та будовою хромосом, тому гібридизація різних видів між собою не завжди вдається навіть у межах груп із рівним числом хромосом Кількість видів, які залучаються у віддалену гібридизацію, обмежується прогамною і постгамною несумісністю. Тому в схрещування залучають саме однорічні гомостильні види, такі як *L. angustifolium, L. hispanicum, L. bienne, L. crepitans*, які мають однакову з культурним льоном кількість хромосом (n = 15), легко схрещуються з ним і дають плідне потомство [4, 14].

Уперше міжвидові гібриди між культурним льоном і диким видом *L. angustifolium* були отримані T. Tammes [15]. Пізніше були успішно проведені схрещування *L.usitatissimum* з іншими видами з n = 15 – *L. hispanicum, L. nervosum, L. pallescens,* які дали плідне потомство завдяки однаковій плоїдності та схожому розміру хромосом. Також успішні схрещування відзначались у групі видів льону з n = 9. Серед них були задіяні *L. alpinum, L. altaicum, L. austriacum, L. julicum, L. narbonense, L. perenne* [4, 16]. Проводилася гібридизація *L. humile* з *L. crepitans, L. hirsutum, L. hispanicum,* у результаті чого були отримані фертильні рослини [4].

Матеріали та методи. Дослідження проводили в Інституті олійних культур НААН у 2017–2018 рр. Були проведені діалельні схрещування та отримано 12 міжвидових комбінацій. Гібридизацію здійснювали за загальноприйнятою методикою [17]. Запилювали по 30 квіток кожної комбінації схрещування у 2017 р. і 35 квіток – у 2018 р. Кастрацію квіток материнських рослин проводили вранці о 6^{00}–10^{00} годині під час забарвлення конуса бутона. Запилення здійснювали пилком з 3–5 квіток батьківської форми відразу ж після кастрації, використовуючи протерогінію (здатність приймочки маточки дозрівати на добу раніше пилку).

Батьківськими формами були два диких однорічних гомостильних види з n = 15 – *L. angustifolium* і *L. hispanicum* і три зразки культурного льону – *L. humile* – Л 5 (Чехія), Л 6 (Індія), М 32/2 (Україна). Аналізували по 20 рослин за морфологічними ознаками (діа-

метр квітки й коробочки, забарвлення квітки й насіння, розтріскування коробочок при дозріванні), господарсько-цінними ознаками (тривалість вегетаційного періоду, висота рослини, кількість стебел на рослині, кількість бічних пагонів на рослині, кількість коробочок на рослині, кількість насіння з рослини, маса 1000 насінин), біохімічними показниками (олійність, вміст жирних кислот в олії).

Опис морфологічних ознак проводили за каталогом «Генетична колекція виду *Linum ussitatissimum* L.» [18]. Вміст олії в насінні визначали на лабораторному ЯМР-аналізаторі АМВ-1006, вміст жирних кислот в олії – методом газо-рідинної хроматографії на приладі «Селміхром-1». Підраховували кількість та відсоток зав'язування гібридних коробочок та гібридного насіння у прямих і зворотних міжвидових комбінаціях схрещувань. Математичну обробку здійснювали за загальноприйнятими методиками статистичної обробки експериментальних даних [19].

Агрокліматичні умови вегетації льону олійного у 2017–2018 рр. були різними за основними гідротермічними показниками (кількість опадів, температурний режим). Погодні умови квітня 2017 р. під час сівби і у фазу сходів характеризувалися кращим рівнем вологозабезпеченості (120,0 мм) порівняно з 2018 р. (12,0 мм) та середньобагаторічним показником (35,0 мм). У травні й червні 2017–2018 рр. під час бутонізації й цвітіння льону, ґрунтова і повітряна посухи викликали висихання пилку і приймочки маточки квіток, що негативно вплинуло на зав'язуваність коробочок і насіння в них. У липні, під час наливу й дозрівання насіння, кількість опадів за роки досліджень була дещо меншою за середньобагаторічну. Загальна кількість опадів у 2017 р. склала 182,1 мм проти 76,0 мм – у 2018 р. Температура повітря за період вегетації льону у 2018 р. перевищувала показники 2017 р. Таким чином, 2018 р. був більш посушливим та менш сприятливим для росту й розвитку рослин льону порівняно з 2017 р. (табл. 1).

Метою нашої роботи було поглиблене вивчення диких однорічних видів льону з

Таблиця 1. Погодні умови вегетаційного періоду льону олійного у 2017–2018 рр.

Місяць	Сума опадів (мм)			Середня місячна температура, (°С)		
	2017 р.	2018 р.	Середньобагаторічні показники	2017 р.	2018 р.	Середньобагаторічні показники
Квітень	120,6	12,0	35,0	9,7	15,0	8,5
Травень	6,5	6,0	40,0	17,4	20,4	16,0
Червень	10,0	36,0	62,0	23,5	24,2	19,4
Липень	45,0	22,0	58,0	24,3	24,8	22,6
Всього:	182,1	76,0	195,0	-	-	-

n = 15 *L. angustifolium* і *L. hispanicum* за цінними селекційними ознаками, включення їх у схрещування зі зразками культурного льону для отримання міжвидових гібридів з підвищеним галуженням і високою насіннєвою продуктивністю.

Результати та обговорення. Види *L. angustifolium* і *L. hispanicum,* які ми залучали у схрещування з льоном культурним, відносяться до однорічних гомостильних диких видів з n=15. У результаті вивчення морфологічних ознак встановлено, що вони мали дрібне, лінійно-ланцетне листя сіро-зеленого кольору. Облистяність у *L. angustifolium* дещо більша, ніж у *L. hispanicum*. Квітки у них дрібні, діаметром 12–16 мм, з роздільними пелюстками, двостатеві, правильні, п'ятипелюсткові. У зразків культурного льону діаметр квітки – 25–28 мм. Коробочки дрібні, кулястої форми, із загостреним носиком. Діаметр коробочки становив 4,1–4,7 мм проти 7,8–9,7 мм – у зразків культурного льону. Вид *L. angustifolium* за розміром квітки й коробочки характеризувався більшим діаметром, ніж *L. hispanicum*. Малий розмір квітки утруднює проведення міжвидової гібридизації.

За нашими спостереженнями, *L. angustifolium* мав більш насичене забарвлення пелюсток квітки – фіолетово-блакитне, порівняно з *L. hispanicum*, у якого квітка світліша – блідо-блакитна. Насіння дрібне, довгасте, пласке, гладке, світло-коричневого кольору.

Коробочки у диких видів при дозріванні розтріскуються, що є недоліком для селекційної роботи з ними. У *L. hispanicum* роз-

тріскування більш сильне, ніж у *L. Angustifolium*, ймовірно, через менший розмір коробочки.

Зразок Л 5 (Чехія) за типом рослини – стрибунець. Рослина зелена, листя широколанцетне, облистяність середня. Квітка й коробочка середні (25,0 мм і 8,3 мм відповідно), насіння середнє коричневе. Квітка блакитна з блакитними жилками і пиляками. Розтріскування коробочки при дозріванні сильне. Зразок Л 6 (Індія) за типом рослини – крупнонасінний. Рослина темно-зелена, листя широколанцетне, облистяність середня. Квітка й коробочка великі (26,0 мм і 9,7 мм відповідно), насіння крупне темно-коричневе. Квітка синьо-фіолетова з фіолетовими жилками і блакитними пиляками. Коробочки не розтріскуються, характеризуються дуже твердими оболонками, які важко обмолочуються. Зразок М 32/2 (Україна) за типом рослини – межеумок. Рослина темно-зелена, високорослa, облистяність висока. Квітка й коробочка середні (28,0 мм і 7,8 мм відповідно), насіння середнє жовте. Квітка біла з забарвленими у нігтика жилками, пиляки кремові. Розтріскування коробочок при дозріванні відсутнє (табл. 2).

За господарсько-цінними ознаками дикі

Таблиця 2. Характеристика однорічних диких видів та зразків культурного льону за морфологічними ознаками, 2017–2018 рр.

Вид	Діаметр, мм		Забарвлення		Розтріскування коробочки при дозріванні
	квітки	коробочки	квітки	насіння	
L. angustifolium	16±0,38	4,7±0,19	фіолетово-блакитне	світло-коричневе	сильне
L. hispanicum	12±0,23	4,1±0,12	блідо-блакитне	світло-коричневе	сильне
Л 5	25±0,35	8,3±0,21	блакитне	коричневе	сильне
Л 6	26±0,23	9,7±0,25	синьо-фіолетове	темно-коричневе	відсутнє
М 32/2	28±0,32	7,8±0,14	біле	жовте	відсутнє

види *L. angustifolium* і *L. hispanicum* характеризувалися низькорослістю (25,8–34,4 см) порівняно зі зразками культурного льону, висота рослини яких складала 41,6–52,2 см, великою кількістю стебел на рослині (5,6–6,5 шт. проти 1,4–2,9 шт.), великою кількістю бічних пагонів на рослині (16,8–17,9 шт. проти 5,7–10,0 шт.). Дикий вид *L. hispanicum* характеризувався більшою кількістю стебел і бічних пагонів на рослині, ніж *L. angustifolium*.

Кількість коробочок на рослині у диких видів також була набагато більшою порівняно зі зразками культурного льону – 48,9–61,2 шт. проти 15,5–29,2 шт. Відповідно, і кількість насіння з рослини у них була значно більшою – 261,7–338,1 шт. проти 96,4–163,7 шт. Коробочки й насіння у диких видів *L. angustifolium* і *L. hispanicum* дуже дрібні, маса 1000 насінин складала 1,3–1,6 г проти 5,3–10,6 г у зразків культурного льону. У виду *L. hispanicum* насіння дрібніше, ніж у *L. angustifolium*.

За тривалістю вегетаційного періоду досліджувані дикі зразки характеризувалися ранньостиглістю – 68–71 діб. Цінність культурного зразка Л 5 також полягає у його ранньому дозріванні – 76 діб. Зразок Л 6 – середньостиглий (84 діб), М 32/2 – пізньостиглий (89,5 діб).

Слід зазначити, що посушливі умови 2018 р. знизили рівень господарсько-цінних ознак порівняно з 2017 р. (табл. 3).

Лляна олія унікальна за своїм складом. До жирно-кислотного складу насіння льону входять п’ять кислот: насичені – пальмітинова і стеаринова та ненасичені – олеїнова, ліноленова, ліноленова. Вміст ненасичених кислот визначає використання олії. Цінність дикого генотипу полягає в якісному складі олії, яку можна застосовувати в різних галузях промисловості, зокрема, в профілактичній медицині. У літературних джерелах відзначається, що за складом ненасичених жирних кислот дикі генотипи не відрізнялися від різновидів культурного льону (*L. usitatissimum*), у якого переважаючою є ліноленова кислота. Показники олійності диких видів знаходились у межах 25–41 %, що значно менше, ніж у льону олійного [20, 21].

Результати наших досліджень показали, що за вмістом олії дикорослі види характеризувалися низькою олійністю (25,8–33,2 %)

порівняно зі зразками культурного льону, олійність яких складала 41,6–44,3 %. За вмістом насиченої пальмітинової жирної кислоти дикі види були на рівні зі зразками культурного льону (6,9–7,7 %). За вмістом насиченої стеаринової кислоти підвищений її рівень (6,4 %) встановлено у *L. hispanicum*, порівняно з іншими генотипами, в яких цей показник був у межах 1,7–3,8 %. Вміст ненасиченої олеїнової кислоти був вищий у зразків

Таблиця 3. Характеристика однорічних диких видів та зразків культурного льону за господарсько-цінними ознаками, 2017–2018 рр.

Ознака	Рік	*L. angustifolium*	*L. hispanicum*	Л 5	Л 6	М 32/3
Тривалість вегетаційного періоду, діб	2017	69±0,48	71±0,57	77±0,62	85±0,64	91±0,81
	2018	67±0,61	70±0,58	75±0,58	83±0,72	88±0,95
	(середнє)	***68***	***71***	***76***	***84***	***89,5***
Висота рослини, шт.	2017	36,2±0,60	26,1±1,17	46,1±0,65	42,8±0,36	55,7±0,62
	2018	32,5±0,53	25,4±0,57	44,9±1,67	40,4±0,59	48,6±1,64
	(середнє)	***34,4***	***25,8***	***45,5***	***41,6***	***52,2***
Кількість стебел на рослині, шт.	2017	6,0±0,24	7,5±0,35	1,3±0,15	1,6±0,15	2,9±0,11
	2018	5,1±0,12	5,5±0,19	1,5±0,25	1,4±0,13	2,8±0,44
	(середнє)	***5,6***	***6,5***	***1,4***	***1,5***	***2,9***
Кількість бічних пагонів на рослині, шт.	2017	17,8±0,39	18,9±0,53	6,4±0,54	6,0±0,49	9,9±0,42
	2018	15,8±0,64	16,8±0,35	5,5±0,40	5,3±0,74	10,0±0,49
	(середнє)	***16,8***	***17,5***	***6,0***	***5,7***	***10,0***
Кількість коробочок на рослині, шт.	2017	58,4±3,76	74,1±3,98	19,6±0,77	18,8±1,16	30,3±1,23
	2018	39,4±0,95	48,3±1,02	17,9±2,18	12,1±0,58	28,1±3,81
	(середнє)	***48,9***	***61,2***	***18,8***	***15,5***	***29,2***
Кількість насіння з рослини, шт.	2017	329,5±7,92	444,5±11,94	113,4±3,66	97,9±3,62	216,2±6,91
	2018	193,9±16,17	231,6±28,26	104,6±6,71	94,8±7,91	110,9±10,28
	(середнє)	***261,7***	***338,1***	***109,0***	***96,4***	***163,7***
Маса 1000 насінин, г	2017	1,6±0,02	1,3±0,01	7,2±0,11	10,7±0,05	6,0±0,02
	2018	1,5±0,01	1,2±0,02	4,8±0,08	10,4±0,03	4,5±0,05
	(середнє)	***1,6***	***1,3***	***6,0***	***10,6***	***5,3***

культурного льону (19,9–20,3 %) порівняно з дикими видами, у яких цей показник був на рівні 14,8–15,7 %. За вмістом ненасичених лінолевої і ліноленової кислот дикі види мали характерний для культурного льону склад (13,0–16,2 % та 57,2–58,6 %) (табл. 4).

Погодні умови значно вплинули на результати міжвидової гібридизації: кількість гібридних коробочок і насіння в них у більш сприятливому 2017 р. були вищими, ніж у посушливому 2018 р. Значна повітряна і ґрунтова посухи під час цвітіння льону спричинили висихання пилку та приймочки маточки квіток і негативно вплинули на зав'язуваність гібридних коробочок та насіння. Так, у 2017 р. відсоток зав'язування гібридних коробочок змінювався у межах 20,0–93,3 %, а у 2018 р., внаслідок посушливих погодних умов, рівень зав'язуваності гібридних коробочок був значно нижчим і складав 2,9–65,7 %. При цьому мінімальний відсоток зав'язування коробочок як у 2017 р., так і в 2018 р. відмічено у прямої комбінації *L. angustifolium* × Л 6 (2017 р. – 20,0 %; 2018 р. – 2,9 %), а максимальний – у зворотної Л 6 × *L. angustifolium* (2017 р. – 93,3 %; 2018 р. – 65,7 %). Це можна пояснити тим, що зразок Л 6 – крупнонасінний, має велику квітку, тому в комбінації, де материнською формою був Л 6 легше пройшло запилення значно меншим за розміром пилком дикої форми, і навпаки, дуже маленька квітка дикого виду не сприйняла великі пилкові зерна зразка Л 6.

Важливо відзначити чітку закономірність – за всіма комбінаціями схрещування, де материнською формою був культурний льон, відсоток зав'язування гібридних коробочок на рослині й кількість насіння в них був вищим: 42,9–67,8 % – материнська форма культурного льону; 15,3–35,6% – материнська форма дикого льону.

Кількість гібридного насіння в коро-

Таблиця 4. Характеристика однорічних диких видів та зразків культурного льону за біохімічними показниками, 2017–2018 рр.

Ознака		Рік	*L. angustifolium*	*L. hispanicum*	Л 5	Л 6	М 32/3
Олійність, %		2017	34,0	26,5	42,3	43,7	44,6
		2018	32,4	25,2	40,9	43,4	43,9
		середнє	***33,2***	***25,9***	***41,6***	***43,6***	***44,3***
Вміст насичених жирних кислот в олії, %	пальмітинова	2017	7,1	7,8	7,0	7,1	6,6
		2018	6,6	7,6	6,3	6,8	7,6
		середнє	***6,9***	***7,7***	***6,7***	***7,0***	***7,1***
	стеаринова	2017	3,1	6,5	2,0	3,9	1,7
		2018	2,2	6,2	1,9	3,6	1,6
		середнє	***2,7***	***6,4***	***2,0***	***3,8***	***1,7***
Вміст ненасичених жирних кислот в олії, %	олеїнова	2017	16,3	15,6	21,0	19,8	19,1
		2018	15,1	13,9	19,8	20,0	22,1
		середнє	***15,7***	***14,8***	***20,4***	***19,9***	***20,6***
	лінолева	2017	16,2	14,7	15,3	12,0	8,4
		2018	16,2	14,1	15,4	11,5	10,1
		середнє	***16,2***	***13,0***	***15,4***	***11,8***	***9,3***
	ліноленова	2017	57,3	56,3	54,7	57,2	64,2
		2018	59,9	58,1	56,6	58,1	58,6
		середнє	***58,6***	***57,2***	***55,7***	***57,7***	***61,5***

бочках була невеликою і залежно від комбінації схрещування змінювалась від 14 до 118 шт. у 2017 р. та від 2 до 93 шт. – у 2018 р. Відомо, що одна коробочка льону культурного містить 10 насінин [9]. Згідно з нашими даними, у міжвидових гібридів у середньому в одній коробочці формувалося значно менше насінин – від 2,0 до 4,5 шт. у 2017 р. та від 1,1 до 4,3 шт. – у 2018 р.

Низький відсоток зав'язування коробочок і насіння в них у міжвидових гібридів пояснюється різними причинами. Перш за все, це травмування дрібних бутонів під час кастрації, оскільки розмір бутонів диких видів у декілька разів менший за квітки культурного льону. Іноді причиною є те, що пилкові трубки не проростають у тканинах стовпчика, або не досягають зав'язі. У науковій літературі описані випадки, коли пилкові трубки нормально проростали, досягаючи зав'язі, і навіть запліднювали її, але при цьому не відбувався нормальний розвиток зародку і не утворювалося життєздатне насіння [22]. Забарвлення і розмір гібридного насіння успадковувалися за материнською лінією (табл. 5).

Таблиця 5. Результати міжвидових схрещувань льону, 2017–2018 рр.

Рік	Кількість гібридних коробочок, шт.	% зав'язування коробочок	Кількість гібридного насіння, шт.		Забарвлення насіння	Розмір гібридного насіння
			всього	у середньому в 1 коробочці		
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
L. angustifolium × Л 6						
2017	6	20,0	14	2,3	світло-коричневе	дрібне
2018	1	2,9	2	2,0	світло-коричневе	дрібне
Л 6 × *L. angustifolium*						
2017	28	93,3	118	4,2	коричневе	крупне
2018	23	65,7	93	4,0	коричневе	крупне
L. angustifolium × М 32/2						
2017	11	36,7	38	3,5	світло-коричневе	дрібне
2018	7	20,0	12	1,7	світло-коричневе	дрібне

Продовження таблиці 5

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
М 32/2 × *L. angustifolium*						
2017	17	56,7	50	2,9	жовте	середнє
2018	10	28,6	41	4,1	жовте	середнє
L. angustifolium × Л 5						
2017	7	23,3	15	2,1	світло-коричневе	дрібне
2018	4	11,4	9	2,3	світло-коричневе	дрібне
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Л 5 × *L. angustifolium*						
2017	26	86,7	110	4,2	коричневе	середнє
2018	18	51,4	20	1,1	коричневе	середнє
L. hispanicum × Л 6						
2017	12	40,0	42	3,5	світло-коричневе	дрібне
2018	10	28,6	30	3,0	світло-коричневе	дрібне
Л 6 × *L. hispanicum*						
2017	17	56,7	65	3,8	коричневе	крупне
2018	14	40,0	60	4,3	коричневе	крупне
L. hispanicum × М 32/2						
2017	8	26,7	16	2,0	світло-коричневе	дрібне
2018	5	14,3	12	2,4	світло-коричневе	дрібне
М 32/2 × *L. hispanicum*						
2017	11	36,7	39	3,5	жовте	середнє
2018	10	28,6	16	1,6	жовте	середнє
L. hispanicum × Л 5						
2017	20	66,7	48	2,4	світло-коричневе	дрібне
2018	5	14,3	8	1,6	світло-коричневе	дрібне
Л 5 × *L. hispanicum*						
2017	23	76,7	104	4,5	коричневе	середнє
2018	15	42,9	64	4,3	коричневе	середнє

Висновки. Проведено поглиблене вивчення однорічних гомостильних диких видів льону з n=15 *L. angustifolium* і *L. hispanicum* за морфологічними, господарсько-цінними ознаками та біохімічними показниками в порівнянні зі зразками культурного льону.

Цінними для селекції льону ознаками диких видів є їх ранньостиглість (68–71 діб проти 76–89,5 діб у зразків культурного льону), велика кількість стебел на рослині (5,6–6,5 шт. проти 1,4–2,9 шт.), бічних пагонів (16,8–17,9 шт. проти 5,7–10,0 шт.), коробочок (48,9–61,2 шт. проти 15,5–29,2 шт.).

Встановлено, що за вмістом ненасичених лінолевої і ліноленової кислот дикі види мали характерний для культурного льону склад (13,0–16,2 % та 57,2–58,6 % відповідно). У *L. hispanicum* встановлено підвищений рівень насиченої стеаринової кислоти (6,4 %) порівняно з іншими генотипами, у яких цей показник був у межах 1,7–3,8 %.

Недоліком диких видів для проведення міжвидової гібридизації та селекційної роботи є дрібна квітка (12–16 мм проти 25–28 мм у культурного льону), низькорослість (25,8–34,4 см проти 41,6–52,2 см), дуже дрібне насіння (1,3–1,6 г проти 5,3–10,6 г), сильне розтріскування коробочок при дозріванні, низька олійність (25,9–33,2 % проти 41,6–44,3 % у зразків культурного льону).

Виявлено зниження рівня зав'язуваності гібридних коробочок і насіння в них внаслідок впливу погодних умов: відсоток зав'язування гібридних коробочок у більш сприятливому 2017 р. становив 20,0–93,3%, у посушливому 2018 р. – 2,9–65,7 %.

Показано вищий відсоток зав'язування коробочок й насіння в них у схрещуваннях, де в якості материнської форми був культурний льон: 42,9–67,8 % – материнська форма культурного льону; 15,3–35,6 % – материнська форма дикого льону.

Використана література

1. Привалов Ф. И., Гриб С. И., Матыс И. С. Генетические ресурсы национального банка семян – основа селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси. *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2022. № 56. С. 276–283.
2. -Богдан В. З., Иванова Е. В., Литерная М. А. Генофонд льна: мобилизация, изучение, использование. *Земледелие и защита растений.* 2019. № 6 (127). С. 27–31.
3. Wang Yu-Fu, Jankauskiene Zofija, Qiu Cai-Sheng, Gruzdeviene Elvyra, Long Song-Hua, Alexopoulou Efthymia, Guo Yuan, Szopa Jan, Hao Dong-Mei, Fernando Ana Luisa. Fiber Flax Breeding in China and Europe. *JOURNAL OF NATURAL FIBERS*. 2018. Т. 15, № 3. С. 309–324. DOI: 10.1080/15440478.2017. 1325431
4. Jhala A. J., Hall L. M., Hall J. C. Potential hybridization of flax with weedy and wild relatives: an avenue for movement of engineered genes. *Crop Science*. 2008. V. 48, № 3. P. 825–840.
5. Qi Yanni, Wang Limin, Li Wenjuan, Xie Yaping, Zhao Wei, Dang Zhao, Li Wen, Zhao Lirong, Zhang Jianping. Phenotypic analysis of Longya-10 x pale flax hybrid progeny and identification of candidate genes regulating prostrate/erect growth in flax plants. 2022. V. 13, № 1044415. DOI: 10.3389/fpls.2022. 1044415.
6. Лемеш В. А., Шут М. В., Хотылева Л. В. Rapd-анализ межвидового полиморфизма льна (род Linum). *Вестн. ВОГиС.* 2005. Т. 9, № 4, С. 490–494.
7. Hickey M. 100 Families of Flowering Plants. *Cambridge: University Press.* 1988.
8. Кутузова С. Н., Пороховинова Е. А., Пендинен Г. И. Происхождение и эволюция вида *Linum usitatissimum* L. *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2015. Т. 176. В. 4. С. 107–117.
9. Сизов И. А. Об эволюции и генетике вида *Linum usitatissimum* L. *Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции*. 1970. 2. С. 3–19.
10. Muravenko O. V., Lemesh V. A., Samatadze T. E., Amosova A. V., Grushetskaya Z. E., Popov K. V., Semenova O. Y., Khotyuleva L. V., Zelenin A. V. Genome comparisons with chromosomal and molecular markers for three closely related flax species and their hybrids. *RUSSIAN JOURNAL OF GENETICS.* 2003. Т. 39, № 4. С. 414–421. DOI: 10.1023/A:1023309831454
11. Ahmad, E., Ansari, A. M., Singh, D. N. (2021). Estimating gene action and combining ability analysis for yield and yield attributing traits in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Environmental Biology*, *42(2*), 366–370.
12. Товстановська Т. Г., Лях В. О. Мінливість та кореляції ознак габітусу рослин і кількості коробочок у міжвидових гібридів льону. *Наук.-техн. бюл. ІОК НААН.* 2022. 32. С. 34–42. DOI: 10.36710/IOC-2022-32-04
13. Товстановська Т. Г., Лях В. О., Ніконова В. М. Оцінка диких видів льону за біохімічними показниками для селекційної роботи. *Олійні культури: сьогодення та перспективи:* матеріали міжнар. наук. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 21 бер. 2023). Запоріжжя, 2023. С. 17–19.
14. Лях В. А., Сорока А. И. Ботанические и цитогенетические особенности видов рода *Linum* L. и биотехнологические пути работы с ними: монография. Запорожье, 2008. 182 с.
15. Tammes T. Das genotypische verhältnis zwischen dem vilden *L. angustifolium* und dem Kulturlein *L. usitatis-simum*. *Genetica.* 1923. V. 5. P. 217–277.
16. Seetharam A. Interspecific hybridization in *Linum. Euphytica*. 1972. V. 21, № 3. P. 489–495.
17. Лях В. О., Полякова І. О. Селекція льону олійного. Методичні рекомендації. Запоріжжя: ЗНУ. 2008. 40 с.
18. Лях В. А., Мищенко Л. Ю., Полякова И. А. Генетическая коллекция вида *Linum ussitatissimum* L.: каталог. Запорожье, 2003. 60 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
20. Полякова И. А., Левченко В. И., Поляков В. А., Лях В. А. Особенности биохимического состава семян дикорастущих видов льна. *Масличные культуры. Научно-техн. бюлл. Всероссийского научно-исслед. Ин-та масличных культур*. 2015. 2, № 162. С. 34–39.
21. Innes P., Gossweiler A., Jensen S., Tilley D., St John L., Jones T., Kitchen S., Hulke B. Assessment of biogeographic variation in traits of Lewis flax (Linum lewisii) for use in restoration and agriculture. *AOB PLANTS*. 2022. V. 14, № 2. DOI:10.1093/aobpla/plac005 2022
22. Мищенко Л. Ю. Межвидовые скрещивания у льна. *Наук.-техн. бюл. Ін-ту олійних культур УААН.* 2003. № 8. С. 46–51.

References

1. Privalov, F. I., Grib, S. I., Matys, I. S. (2020). Genetic resources of the national bank of seeds – a basis of crop breeding in Belarus. *Zemledeliye i selektsyya v Belarusi* [Agriculture and selection in Belarus], *56*, 276–283. [in Russian].
2. Bogdan, V. Z., Ivanova, E. V., Liternaya, M. A. (2019). Flax gene pool: mobilization, study, use. *Zemledeliye i zashhita rasteniy* [Agriculture and plant protection], *6 (127)*, 27–31. [in Russian].
3. Wang, Yu-Fu, Jankauskiene, Zofija, Qiu, Cai-Sheng, Gruzdeviene, Elvyra, Long, Song-Hua, Alexopolou, Efthymia, Guo, Yuan, Szopa, Jan, Hao, Dong-Mei, Fernando, Ana, Luisa (2018). Fiber Flax Breeding in China and Europe. *JOURNAL OF NATURAL FIBERS*, *15(3*), 309–324. DOI 10.1080/15440478.2017. 1325431.
4. Jhala, A. J., Hall, L. M, Hall, J. C. (2008). Potential hybridization of flax with weedy and wild relatives: an avenue for movement of engineered genes. *Crop Science, 48 (3)*, 825–840.
5. Qi. Yanni, Wang, Limin, Li, Wenjuan, Xie. Yaping,

Zhao, Wei, Dang, Zhao, Li, Wen, Zhao, Lirong, Zhang, Jianping (2022). Phenotypic analysis of Longya-10 x pale flax hybrid progeny and identification of candidate genes regulating prostrate/erect growth in flax plants, *13 (1044415).* DOI: 10.3389/fpls.2022.1044415.

6. Lemesh, V. A., Shut, M. V., Khotyleva, L. V. (2005). Use of RAPD markers for the study of interspecies variability in flax (genus Linum L.). *Vestnik VOHyS* [VOGiS Bulletin], *9 (4),* 490–494. [in Russian].
7. Hickey, M. (1988). 100 Families of Flowering Plants. Cambridge: University Press.
8. Kutuzova, S. N., Porokhovinova, E. A., Pendinen, G. I. (2015). Origin and evolution of *Linum usitatissimum* L. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcyi* [Works on applied botany, genetics and breeding], *176*, 107–117. [in Russian].
9. Sizov, I. A. (1970). On the evolution and genetics of the species *Linum usitatissimum* L. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcyi* [Works on applied botany, genetics and breeding], *42*, 3–19. [in Russian].
10. Muravenko, O. V., Lemesh, V. A., Samatadze, T. E., Amosova, A. V., Grushetskaya, Z. E., Popov, K. V., Semenova, O. Y., Khotyuleva, L. V., Zelenin, A. V. (2003). Genome comparisons with chromosomal and molecular markers for three closely related flax species and their hybrids. *RUSSIAN JOURNAL OF GENETICS, 39 (4),* 414–421. DOI 10.1023/A:1023309831454.
11. Ahmad, E., Ansari, A. M., Singh, D. N. (2021). Estimating gene action and combining ability analysis for yield and yield attributing traits in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Environmental Biology, 42 (2*), 366–370.
12. Tovstanovska, T. G., Lyakh, V. O. Variability and correlations of plant habitus traits and the number of bolls in inter-specific hybrids of oil flax. (2022). *Naukovo-tekhnichnyi biuleten IOK NAAN* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS], *32*, 34–42 DOI: 10.36710/IOC-2022-32-04 [in Ukrainian].
13. Tovstanovska, T. G., Lyakh, V. O., Niconova, V. M. (2023). Otsinka dykykh vydiv lionu za biokhimichnymy pokaznykamy dlia selektsiinoi roboty [Assessment of wild types of flax by bio- chemical indicators for selection work]. *Oliini kultury: siohodennia ta perspektyvy: materialy mizhnar. nauk. internet-konf.* Proceedigns of the *Oil crops: present and prospects*: intern. sci. internet conf. (pp. 17–19), March 21, 2023, Zaporizhzhia. Ukraine. [in Ukrainian].
14. Lyakh, V., Soroka, A. (2008). Botanical and cytogenetic peculiarities and biotechnological techniques for work with *Linum* L. genus species: Monograph. Zaporozhye [in Russian].
15. Tammes, T. (1923). Das genotypische verhältnis zwischen dem vilden *L. angustifolium* und dem Kulturlein *L. usitatissimum. Genetica, 5,* 217–277.
16. Seetharam, A. (1972). Interspecific hybridization in *Linum. Euphytica, 21 (3),* 489–495.
17. Lyakh, V. O., Polyakova, I. O. (2008). Selektsiia lonu oliinoho. Metodychni rekomendatsii. [Selection of flaxseed oil]. Zaporizhzhia: ZNU [in Ukrainian].
18. Lyakh, V. A., Mishhenko, L. Yu, Polyakova, I. A. (2003). Genetic collection of the species *Linum ussitatissimum* L.: catalogue. Geneticheskaya kollekcyya vida *Linum usitatissimum* L.: Katalog. Zaporozhye [in Russian].
19. Dospehov, B. A. (1985). Metodika polevoho opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results] (5-th ed., rev.). M.: Ahropromizdat [in Russian].
20. Polyakova, I. A., Levchenko, V. I., Polyakov, V. A., Lyakh, V. A. (2015). Properties of a biochemical com-position of wild flax seeds. *Maslichnye kultury. Na-uchno-tekhnicheskiy byulleten VNYYMK.* [Oilseeds. Scientific and technical bulletin of VNIIMK], *2 (162),* 34–39. [in Russian].
21. Innes, P., Gossweiler, A., Jensen, S., Tilley, D.,St John, L., Jones, T., Kitchen, S., Hulke, B. (2022). Assessment of biogeographic variation in traits of Lewis flax (Linum lewisii) for use in restoration and agriculture. *AOB PLANTS, 14 (2).* DOI: 10.1093/aobpla/plac005 2022.
22. Mishchenko, L. Yu. (2003). Interspecific crosses in flax. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur UAAN.* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops UAAS], *8*, 46–51. [in Russian].

UDC 633.854.54:631.527

Tovstanovska T. H. Features of hybridization of oil flax with wild annual species.

Grain Crops. 2023. 7 (2). 217–226.

Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences, 1 Instytutska St., Soniachne Village, Zaporizhzhia District, Zaporizhzhia Region, 69055, Ukraine

Topicality. Wild flax species are carriers of breeding valuable traits and can be used in breeding programmes to produce interspecific hybrids resistant to abiotic and biotic environmental factors, with higher yield potential than intraspecific ones due to large branching and the number of bolls on the stems. **Purpose.** In-depth study of wild annual flax species *L. angustifolium* and *L. hispanicum* for breeding valuable traits, including their crossings with cultivated flax samples to obtain interspecific hybrids with increased branching and high seed productivity. **Materials and Methods**. The research was carried out in 2017–2018 at the Institute of Oilseed Crops of NAAS. The research material was parental forms: wild annual homostylous species with n=15 *L. angustifolium* and *L. hispanicum*, cultivated flax samples: L 5 (Czech Republic), L 6 (India), M 32/2 (Ukraine) and 12 interspecific combinations. Parental forms were studied based on morphological and economically valuable characteristics. The oil content in the seeds was determined using a laboratory AMB-1006 NMR analyzer, the content of fatty acids in the oil was determined by gas-liquid chroma-

tography using a Selmichrome-1 device. In interspecific hybrids, the number and percentage of setting of bolls and seeds in them were counted. **Results.** We obtained hybrid seeds as a result of interspecific crossing. Valuable traits of wild flax species for breeding are early maturity (68–71 days as compared to 76–89.5 days in cultivated flax samples), a large number of stems per plant (5.6–6.5 pcs. as compared to 1.4–2.9 pcs.), lateral shoots (16.8–17.9 pcs. as compared to 5.7–10.0 pcs.), bolls (48.9–61.2 pcs. as compared to 15.5–29.2 pcs.). It was found that wild flax species had a content of unsaturated linoleic and linolenic acids corresponding to the content of cultivated flax (13.0–16.2 % and 57.2–58.6 %, respectively). *L. hispanicum* had an increased level of saturated stearic acid (6.4 %) compared to other genotypes, where this indicator varied from 1.7 to 3.8 %. **Conclusions.** It was revealed that the level of setting the hybrid bolls and seeds decreased in the result of adverse weather conditions. A higher percentage of bolls and seeds setting was in crosses where cultivated flax was used as a maternal component.

Key words: *cultivated flax, L. angustifolium, L. hispanicum, morphological trait, economically valuable trait, interspecies crossing, hybrid seed, seed setting*