

УДК 633.521:631.172

© А. С. Лімонт, к. т. н.
Житомирський агротехнічний коледж

СТАТИСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОСІВНИХ ЯКОСТЕЙ НАСІННЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Узагальнені з урахуванням фаз стиглості результати наукових досліджень щодо маси 1000 шт. насінин льону-довгунця. Опрацьовані кореляційно-регресійні моделі енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси та визначений статистичний зв'язок схожості і енергії проростання насіння. Запропонована кусково-лінійна апроксимація кривих зміни посівних якостей насіння льону-довгунця і прогнозована організація льонозбирального процесу.

ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, ФАЗИ СТИГЛОСТІ, НАСІННЯ, ПОСІВНА ЯКІСТЬ, КУСКОВО-ЛІНІЙНА АПРОКСИМАЦІЯ, ЗБ ИРАННЯ.

Постановка проблеми. В льоносіючих підприємствах країн, що утворилися на теренах колишнього СРСР, збирання льону-довгунця здійснюють за так званою «звичайною» («традиційною») технологією або за механізованими технологіями (сноповою, роздільною і комбайновою) [1]. З метою поліпшення якості волокна і одержання насіння з кращими посівними якістьми науковці України, Росії і Білорусі певну частину посівів пропонують збирати за роздільною технологією у фазі ранньої жовтої стиглості, а решту – у пізніших фазах стиглості за комбайновою технологією. Поєднання в умовах одного підприємства з відповідним зрушенням в часі роздільного і комбайнового збирання визначає комбіновану технологію збирання льону-довгунця. Пропоновано [2] також використовувати на збиранні льону-довгунця і зернозбиральні комбайни. Впровадження механізованого збирання льону-довгунця можливо за умови вирощування вирівняного стеблостою [3]. Серед факторів, що визначають формування вирівняного перед збиранням стеблостою, чільне місце займає якість посівного матеріалу [4]. Посівну якість насіння формує низка природних, організаційних, технологічних і технічних факторів, серед яких слід виділити перш за все строки і способи збирання, що зумовлені фазами стиглості культури. Проте, в проблемі наукового забезпечення льонозбирального процесу, за якого можливо одержати насіння з належними посівними якістьми, поки що залишилася ще нез'ясованою низка питань. В пропонованому повідомленні і передбачено з'ясувати деякі з них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Посівні якості насіння переважно оцінюють абсолютною масою (масою 1000 шт. насінин), енергією проростання та схожістю. Перелік дослідників, які вивчали абсолютну масу насіння льону-довгунця, наведений в публікаціях [5, 6]. За узагальненнями Л. Д. Фоменка висівати можна насіння виповненістю, що забезпечує масу 1000 шт. насінин не менше 4,2 г. Найменша абсолютна маса насіння властива збиранню культури у зелену фазу стиглості, дещо більша – у фазі ранньої жовтої стиглості. Одна група дослідників вважає, що найбільша абсолютна маса характерна збиранню льону-довгунця у фазі жовтої стиглості, друга – у фазі повної стиглості, а третя – вважає, що жовта і повна фази стиглості рівноцінні щодо впливу на абсолютну масу насіння. Розподіли абсолютної маси насіння за χ^2 -критерієм Пірсона на рівнях ймовірності 0,95–0,999 описуються нормальним законом. Середнє арифметичне значення вказаної ознаки у фазах стиглості зеленій, ранній жовтій, жовтій і повній становило відповідно 3,02 г, 4,35 та 4,61 і 4,78 г. Ймовірність одержання насіння з абсолютною масою в межах 4,2–6,0 г в зеленій фазі стиглості становила тільки 0,001, а в ранній жовтій – 0,60, жовтій – 0,73 і повній – 0,87.

Календарні дати або ж кількість днів чи тижнів від сівби чи цвітіння льону-довгунця до настання відповідних фаз стиглості або проміжок (в днях) між цими фазами вивчали дослідники, перелік яких наведено в [5, 6]. Усереднено рання жовта, жовта і повна фази стиглості настають відповідно через 12 днів, 21 і 31 день від зеленої фази. Відносна точність визначення вказаного числа днів коливалася в межах 3,75–4,29 %.

Перелік науковців, які вивчали абсолютну і відносну вологість насінневих коробочок, наведений в [5]. У фази стиглості зелену, ранню жовту, жовту і повну абсолютна вологість усереднено становить відповідно 136,3 %, 93,85 та 42,58 і 19,86 %, а відносна – 76,3 %, 45,4 та 27,4 і 12,0 %.

Залежно від тривалості льонозбирального періоду за фазами стиглості абсолютна маса насіння сповільнено зростає за логарифмічною функцією, а абсолютна і відносна вологість насінневих коробочок знижується за прямолінійними залежностями. Зі зміною відповідної фази стиглості на один день від зеленої абсолютна і відносна вологість насінневих коробочок зменшується відповідно на 4 і 2 %. Визначені показники кореляційного зв'язку між вказаними результативними ознаками і факторіальною наведено в таблиці. В цій же таблиці наведені відповідні рівняння регресії та R^2 -коефіцієнти, що визначають ступінь наближення апроксимованих залежностей до експериментальних даних, та помилки рівнянь регресії і коефіцієнти

детермінації, які визначають силу впливу факторіальної ознаки на результативні.

Енергію проростання і схожість насіння льону-довгунця вивчала низка дослідників, прізвища яких наведені у попередньому повідомленні [7]. Нижня межа кондиційних енергії проростання і схожості насіння становить відповідно 82 і 85 %. Доброякісне насіння повинно мати схожість не нижче 95 %, а для одержання дружних сходів недопустимо висівати насіння з великим розривом між схожістю і енергією проростання. Нормальне добре дозріле насіння має схожість від 95 до 100 %, а енергію проростання – нижче на 2–3 %. Великий розрив між схожістю і енергією проростання призводить до недружних сходів, які з'являються ступінчасто, що спричинює формування ярусного стеблостою, за якого ускладнюється або ж взагалі унеможливується механізоване брання льону-довгунця та виконання наступних операцій в технологічному процесі виробництва рошенцевої трести. За даними деяких дослідників не завжди збігається за фазами стиглості збільшення абсолютної маси насіння та його енергії проростання і схожості.

Таке зустрічаємо, наприклад, в інформації Н. А. Лазаркевича, В. І. Макаєва та н.. За даними Ю. В. Федорусь абсолютна маса, енергія проростання і схожість насіння були найбільшими у фазі жовтої стиглості, а у фазах ранньої жовтої і повної дещо меншими. Для з'ясування зв'язку між згадуваними ознаками посівних якостей насіння здійснений кореляційно-регресійний аналіз експериментальних даних різних дослідників. Результати аналізу наведені в таблиці. З таблиці видно, що кількісні зміни енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси та схожості від енергії проростання описуються сповільнено зростаючими гіперболами. За з'ясованими залежностями в міру зростання абсолютної маси насіння різниця між його схожістю і енергією проростання зменшується і, наприклад, при масі 4,25 г, 4,35 та 4,61 і 4,78 г становить відповідно 7 %, 6,6 та 6,2 і 5,8 %. Зменшення різниці між схожістю і енергією проростання насіння забезпечуватиме появу дружних сходів і формування вирівняного стеблостою, який уможливує механізоване збирання льону-довгунця. За 100 %-ї схожості насіння, яка може бути забезпечена при абсолютній масі насіння 5,76 г, його енергія проростання може становити 94,4 % за різниці між цими ознаками 5,6 %. За енергії проростання 90 і 95 % прогнозована схожість насіння може становити відповідно 94,1 і 95,2 %.

Таблиця - Показники кореляційного зв'язку між оцінними ознаками посівної якості насіння льону-довгунця з урахуванням фаз стиглості культури та відповідні рівняння регресії

Результативна – факторіальна ознака	Коефіцієнт кореляції (чисельник) і кореляційне відношення (знаменник)	Прогностична функція (чисельник) і рівняння регресії (знаменник)	R^2 -коефіцієнт (чисельник) і помилка рівняння регресії (знаменник)	Коефіцієнт детермінації
Абсолютна маса насіння m_n (г) – тривалість льонозбирального періоду $n_{дб}$ (число днів за фазами стиглості від зеленої до повної)	$\frac{0,908}{0,999}$	Сповільнено зростаюча логарифмічна функція $m_n=3,029+0,517 \ln n_{дб}$	$\frac{0,999}{0,023}$	0,998
Абсолютна вологість насінневих коробочок $W_{ак}$ (%) – тривалість льонозбирального періоду $n_{дб}$	$\frac{0,988}{-}$	Пряма з від'ємним кутовим коефіцієнтом $W_{ак}=134,87-3,95n_{дб}$	$\frac{0,977}{8,81}$	0,976
Відносна вологість насінневих коробочок $W_{вк}$ (%) – тривалість льонозбирального періоду $n_{дб}$	$\frac{0,990}{-}$	Пряма з від'ємним кутовим коефіцієнтом $W_{вк}=75,02-2,14n_{дб}$	$\frac{0,980}{3,91}$	0,980
Енергія проростання $E_{пр}$ (%) – абсолютна маса насіння m_n (г)	$\frac{0,555}{0,680}$	Сповільнено зростаюча гіпербола $E_{пр}=123,71-168,959/m_n$	$\frac{0,409}{8,52}$	0,462
Схожість $C_{хн}$ (%) – абсолютна маса насіння m_n (г)	$\frac{0,546}{0,639}$	Сповільнено зростаюча гіпербола $C_{хн}=120,95-127,767/m_n$	$\frac{0,453}{6,41}$	0,408
Схожість $C_{хн}$ (%) – енергія проростання насіння $E_{пр}$ (%)	$\frac{0,793}{0,865}$	Сповільнено зростаюча гіпербола $C_{хн}=120,22-2351,62/E_{пр}$	$\frac{0,809}{4,38}$	0,748

З криволінійного характеру зміни енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси та схожості від енергії проростання простежується, що у певному діапазоні значень факторіальної ознаки її підвищення супроводжується більш інтенсивнішим збільшенням результативної у порівнянні з

інтенсивністю збільшення цієї ж ознаки, що спричинена подальшим підвищенням факторіальної.

Мета дослідження полягала у підвищенні ефективності виробництва льону-довгунця шляхом поліпшення організації льонозбирального процесу, за якої можливо одержати насіння з належними посівними якостями. *Завдання дослідження*: 1) з'ясувати інтенсивність збільшення енергії проростання і схожості насіння залежно від його абсолютної маси у з'ясованому діапазоні її зміни з урахуванням фаз стиглості льону-довгунця; 2) проаналізувати інтенсивність зростання схожості насіння залежно від енергії проростання на різних рівнях значень останньої; 3) за виявленими і з'ясованими статистичними залежностями з урахуванням абсолютної маси насіння і вологості насінневих коробок у різних фазах стиглості льону-довгунця прогнозувати можливу організацію льонозбирального процесу, що спрямована на поліпшення екологічності виробництва льонопродукції.

Об'єкт і методика дослідження. Об'єкт дослідження – технологічний процес збирання льону-довгунця при його реалізації із зрушенням в часі за фазами стиглості, що забезпечує максимальні вихід і номер довгого волокна та одержання насіння належної якості, яке при висіві сприяє формуванню вирівняного придатного для механізованого збирання стеблостою і виконання наступних операцій з виробництва рошенцевої льонотрести.

В якості вихідних даних використані результати досліджень науковців, прізвища яких наведені в [7]. Одержані цими науковцями дані розглядали як випадкові величини, на підставі яких були опрацьовані з графічним поданням кореляційні поля «абсолютна маса насіння m_n (г) – енергія проростання $E_{пр}$ (%)» і «абсолютна маса m_n (г) – схожість насіння $C_{хн}$ (%)» та «енергія проростання насіння $E_{пр}$ (%) – схожість $C_{хн}$ (%)». З використанням кореляційних полів за допомогою стандартних комп'ютерних програм вели пошук відповідних парних зв'язків. Для з'ясування інтенсивності збільшення досліджуваних результативних ознак за різних рівнів підвищення факторіальних використали кусково-лінійну апроксимацію криволінійних залежностей $E_{пр}=f(m_n)$ і $C_{хн}=f(m_n)$ та $C_{хн}=f(E_{пр})$.

Результати дослідження. З'ясовано, що із збільшенням абсолютної маси насіння від 2,4 до 6,03 г енергія проростання і схожість зростають за гіперболічними кривими, тобто із поступовим сповільненням. Аналіз засвідчив, що при збільшенні абсолютної маси насіння від 2,4 орієнтовно до 3,5 г енергія проростання і схожість зростають інтенсивніше у порівнянні із їх зростанням, що спричинене збільшенням абсолютної маси насіння від 3,5 орієнтовно до 5,0 і далі

до 6,03 г. Для кількісного оцінювання інтенсивності підвищення енергії проростання і схожості насіння при збільшенні його абсолютної маси в наведених вище діапазонах зроблена спроба криволінійну зміну досліджуваних результативних ознак подати наближеними до такої зміни прямолінійними відрізками. Таке подання досліджуваного характеру зміни результативних ознак відоме як метод кусково-лінійної апроксимації відповідних криволінійних ділянок.

За такої апроксимації зміну енергії проростання залежно від абсолютної маси насіння подамо двома прямолінійними відрізками в межах збільшення абсолютної маси насіння від 2,4 до 6,03 г. В математичній формі за результатами обробки експериментальних даних ці відрізки описуються такими рівняннями прямолінійної регресії:

$$E_{\text{пр}} = \begin{cases} 25,33m_{\text{н}} - 9,75 \text{ при } r = 0,873 \text{ і за } m_{\text{н}} = 2,90 \dots 3,47 \text{ г} \\ 76,91 + 2,38m_{\text{н}} \text{ при } r = 0,299 \text{ і за } m_{\text{н}} = 3,47 \dots 6,03 \text{ г.} \end{cases} \quad (1)$$

де $E_{\text{пр}}$ – енергія проростання насіння, %;

$m_{\text{н}}$ – маса 1000 шт. насінин, г;

r – коефіцієнт кореляції між результативною ознакою (тут енергією проростання) і факторіальною (масою 1000 шт. насінин).

Точка перелому кусково-лінійної функції (1) припадає на абсолютну масу насіння 3,78 г, за якої енергія проростання становить 85,9 % (рисунок, позиція «а»).

При зміні абсолютної маси насіння в межах 2,90...3,47 г якісний зв'язок між енергією проростання і масою насіння оцінюється коефіцієнтом кореляції 0,873. За кутовим коефіцієнтом рівняння регресії збільшення маси насіння у вказаних межах на 1 г супроводжується підвищенням енергії проростання на 25,33 %. При абсолютній масі насіння 3,02 усереднено енергія проростання може становити 66,75 %. Вказана абсолютна маса насіння переважно властива рослинам льону-довгунця у фазі зеленої стиглості.

Зі зміною абсолютної маси насіння від 3,47 до 6,03 г, що за більшістю літературних джерел характеризує стан льону-довгунця у фазах ранньої жовтої, жовтої і повної стиглості, статистичний зв'язок між енергією проростання і масою насіння оцінюється коефіцієнтом

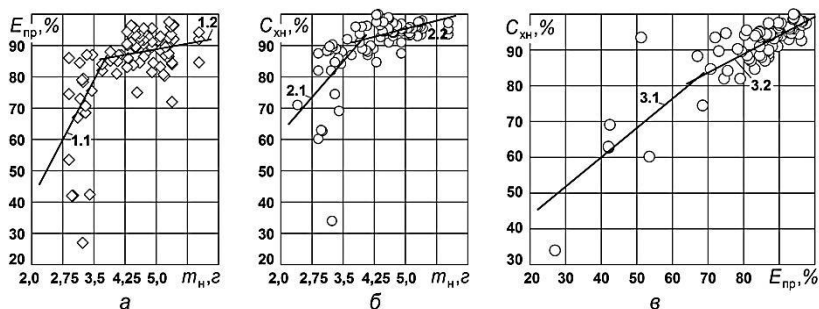


Рис. – Кореляційні поля і кусково-лінійна апроксимація кривих зміни: а) енергії проростання $E_{пр}$ і б) схожості $C_{хн}$ насіння залежно від його абсолютної маси $m_{н}$ та в) схожості насіння $C_{хн}$ залежно від енергії проростання $E_{пр}$: 1,1; 2,1 і 3,1 – в діапазоні менших значень факторіальної ознаки; 1,2; 2,2 і 3,2 – в діапазоні більших значень факторіальної ознаки

кореляції 0,299. З рівняння прямолінійної регресії, яке кількісно описує зміну енергії проростання залежно від маси насіння, за кутовим коефіцієнтом видно, що із збільшенням абсолютної маси насіння на 1 г в досліджуваному діапазоні енергія проростання зростає на 2,38 %. За абсолютної маси насіння 4,35 г, 4,61 та 4,78 г енергія проростання усереднено становить 87,26 %, 87,88 та 88,29 %. На аналізованому відрізку при масі насіння 5,05 і 6,03 г енергія проростання становить відповідно 88,93 і 91,26 %.

Рівняння прямолінійних відрізків кусково-лінійної апроксимації зміни схожості насіння залежно від його абсолютної маси з визначеними коефіцієнтами кореляції тісноти відповідного зв'язку в межах вказаних рівнів маси 1000 шт. насінин мають вигляд:

$$C_{хн} = \begin{cases} 31,48 + 15,28m_{н} & \text{при } r = 0,856 \text{ і за } m_{н} = 2,90 \dots 3,47 \text{ г} \\ 78,22 + 3,43m_{н} & \text{при } r = 0,469 \text{ і за } m_{н} = 3,47 \dots 6,03 \text{ г.} \end{cases} \quad (2)$$

Точка перелому кусково-лінійної функції (2) припадає на абсолютну масу насіння 3,95 г, за якої схожість насіння становить 91,77 % (рисунок, позиція «б»). На кожен грам збільшення абсолютної маси насіння в діапазоні її зміни від 2,90 до 3,47 г схожість насіння зростає на 15,28 %. З подальшим збільшенням абсолютної маси насіння до 6,03 інтенсивність зростання схожості насіння уповільнюється і із збільшенням абсолютної маси насіння на 1 грам схожість його зростає на 3,43 %, тобто із збільшенням абсолютної маси насіння понад 3,47 г темп зростання його схожості уповільнюється у

4,45 раза. За абсолютної маси насіння 3,02 г, 4,35 та 4,61 і 4,78 г схожість насіння становить відповідно 77,62 %, 93,14 та 94,03 і 94,61 %. Із збільшенням абсолютної маси насіння до 5,05 та 6,03 г схожість його зростає відповідно до 95,54 та 98,90 %.

Кусково-лінійна апроксимація кривих зміни енергії проростання $E_{\text{пр}}$ і схожості $C_{\text{хн}}$ насіння залежно від його абсолютної маси $m_{\text{н}}$ показала, що із збільшенням абсолютної маси до 3,78 і 3,95 г зростання $E_{\text{пр}}$ і $C_{\text{хн}}$ відбувається інтенсивніше у порівнянні з подальшим збільшенням $m_{\text{н}}$ до 6 г. При цьому першопочатково зростання $E_{\text{пр}}$ відбувається інтенсивніше у порівнянні із зростанням $C_{\text{хн}}$. При подальшому збільшенні абсолютної маси насіння інтенсивність зростання енергії проростання уповільнюється, а схожості – підвищується. В межах бажаної енергії проростання її підвищення на 1 % супроводжується зростанням схожості насіння на 0,52 %.

Вивчення двомірного варіаційного ряду «енергія проростання $E_{\text{пр}}$ – схожість $C_{\text{хн}}$ насіння» та побудова кореляційного поля, яке характеризує якісний і кількісний зв'язок між $E_{\text{пр}}$ і $C_{\text{хн}}$, засвідчили, що за інтенсивністю зміни схожості насіння залежно від енергії проростання аналізоване кореляційне поле доцільно розділити на дві ділянки. До першої ділянки, що визначає більш інтенсивну зміну $C_{\text{хн}}$ із підвищенням $E_{\text{пр}}$, варто віднести значення енергії проростання від 27 до 79 %. При цьому за мінімальної $E_{\text{пр}}=27\%$ спостерігалася і мінімальна схожість насіння $C_{\text{хн}}=34\%$, за максимальної $E_{\text{пр}}=79\%$ схожість насіння становила $C_{\text{хн}}=82\%$, а її максимальне значення 94,7 % спостерігалася за $E_{\text{пр}}=75\%$. В цю групу попало 16 пар досліджуваних ознак, а решта 76 пар ознак визначали розмір статистичної вибірки, за якої спостерігалася більш сповільнена зміна $C_{\text{хн}}$ із підвищенням енергії проростання. До другої ділянки були включені пари ознак з мінімальною $E_{\text{пр}}=79\%$ (зі схожістю $C_{\text{хн}}=82\%$) та з максимальною $E_{\text{пр}}=97,5\%$ при максимальній $C_{\text{хн}}=97,5\%$. Обробка експериментальних даних, що здійснена з використанням кореляційно-регресійного аналізу, показала, що схожість насіння $C_{\text{хн}}$ (%) залежно від енергії проростання $E_{\text{пр}}$ (%) можна подати такими кусково-лінійними функціями:

$$C_{\text{хн}} = \begin{cases} 27,21 + 0,82E_{\text{пр}} \text{ при } r = 0,814 \text{ і за } E_{\text{пр}} = 27 \dots 79,0\% \\ 47,25 + 0,52E_{\text{пр}} \text{ при } r = 0,695 \text{ і за } E_{\text{пр}} = 79 \dots 97,5\%. \end{cases} \quad (3)$$

Точка перелому кусково-лінійної функції (3) припадає на енергію проростання 66,8 %, за якої схожість насіння становить 82 % (рисунок, позиція «в»). На кожен відсоток збільшення енергії

проростання в діапазоні її зміни від 27 до 66,8 % схожість насіння зростає на 0,82 %. Зі зміною енергії проростання в межах 66,8...97,5 % в розрахунку на кожен відсоток її збільшення схожість насіння зростає на 0,52 %, тобто зі збільшенням енергії проростання понад 66,8 % темп зростання схожості насіння уповільнюється в 1,58 раза.

Виявлені залежності дозволили прогнозувати організацію льонозбирального процесу з урахуванням фаз стиглості льону-довгунця і технологій його збирання та використовуваних засобів механізації. З урахуванням з'ясованих залежностей за комбайнної технології льон-довгунець на волокно збирають в ранній жовтій – жовтій стиглості [8]. Збирання комбайнами розпочинають на четвертий – шостий день від початку ранньої жовтої фази стиглості і завершують впродовж 10–12 днів в жовтій стиглості. У разі впровадження комбінованої технології виконання збиральних робіт збирання льону розпочинають роздільним способом у фазі ранньої жовтої стиглості [9] і з урахуванням погодних умов практикують дозрівання насіння в коробочках вибраних і розстелених стебел з наступним їх обмолотом шляхом використання льонопідбирача-молотарки ПМЛ-1 [10]. Із настанням жовтої фази стиглості збирання здійснюють комбайновим способом [10], але для його реалізації з урахуванням вологості насінневих коробочок виникає необхідність сушіння льоновороху, яке пов'язано з додатковими витратами палива і електроенергії, що погіршує екологоспрямований розвиток виробництва льонопродукції. За повної стиглості льону-довгунця з урахуванням вологості насінневих коробочок відпадає потреба в сушінні льоновороху та насіння і збирання може бути здійснено зернозбиральним комбайном [2, 10]. Проте у фазі повної стиглості спостерігається розтріскування насінневих коробочок в рослинах, що стоять на пні, і осипання кращого, найбільш ваговитого і життєздатного насіння [11, 12]. При збиранні в повній стиглості втрачають до 22 % урожаю насіння та зростає його захворюваність [13], а якість волокна порівняно з ранньою жовтою стиглістю знижується майже вдвоє [14]. Коротке волокно з трести, що отримана після збирання насіння зернозбиральним комбайном, порівняно з традиційним способом її готування має нижчий номер [15].

Висновки. Кусково-лінійна апроксимація криволінійних залежностей, які визначають взаємозв'язок ознак посівних якостей насіння, свідчить, що з урахуванням чисельних значень вільних членів і кутових коефіцієнтів рівнянь регресії других апроксимованих відрізків абсолютна маса насіння, його енергія проростання і схожість знаходяться в межах кондиційних значень вказаних ознак. Такі значення можуть з відповідною ймовірністю за абсолютною масою

насіння бути одержані за збирання льону-довгунця в ранній жовтій, жовтій і повній фазах стиглості при відповідній вологості насінневих коробочок. Це підтверджує можливість в умовах конкретного підприємства з урахуванням погодних умов організації льонозбирального процесу зі зрушенням в часі за комбайновою, комбінованою (що включає роздільне і комбайнове збирання) та з використанням зернозбиральних комбайнів технологіями, за яких можливо одержати насіння з незначною різницею між схожістю і енергією проростання, при висіві якого формується стеблостій, що уможливило механізоване збирання льону-довгунця.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку має бути спрямований на пошук і з'ясування кількісних зв'язків, що визначають обсяг робіт зі збирання льону-довгунця комбайнами при впровадженні організації льонозбирального процесу за комбінованою технологією.

Література

1. The technologies of fiber flax harvesting, their production efficiency and the prerequisites of their technological substantiation (Технологии уборки льна-долгунца, их производственная эффективность и предпосылки технологического обоснования) / A. Limont, V. Sheichenko, M. Tolstushko, N. Tolstushko // *American Journal of Science and Technologies*. – “Princeton University Press”, 2016. – № 1 (21). – Vol. III. – January – June. – P. 878–895.
2. Макаев В. Технологические аспекты производства льняного волокна / В. Макаев, В. Василюк // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. – 2013. – Vol. 15. – № 4. – P. 23–28.
3. Limont A. S. The haulm stand leveling as a factor of employment of flax harvesting combines and dew retting of flax straw (Выровненность стеблестоя как фактор использования льноуборочных комбайнов и росяной мочки льносоломы) / A. S. Limont // *Europäische Fachhochschule. European Applied Sciences*. – 2014. – № 9. – P. 66–70.
4. Лімонт А. Оцінювання вирівняності стеблостою льону-довгунця перед його збиранням / А. Лімонт // *Техніка і технології АПК*. – 2011. – № 9 (24). – С. 30–34.
5. Лімонт А. С. Абсолютна маса насіння і збирання льону-довгунця / А. С. Лімонт, О. С. Поліщук, О. Б. Плужніков // *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомчий наук.-техн. зб.* – Кіровоград: Кіровоград. нац. техн. ун-т, 2016. – Вип. 46. – С. 166–175.
6. Limont A. The phases of ripeness and the humidity of seed

boxes and the absolute mass of fiber flax seeds (Фази стиглості та вологість насіннєвих коробочок і абсолютна маса насіння льону-довгунця) / А. Limont // Proceeding of the XVIII International Academic Congress “History, Problems and Prospects of Development of Modern Civilization” (Japan, Tokyo, 25–27 January 2017). – “Tokyo University Press”, 2017. – Vol. XVIII. – P. 87–93.

7. Лімонт А. С. Посівна якість насіння льону-довгунця і виробництво рошенцевої льонотрести / А. С. Лімонт // Інженерія природокористування: наук. журнал / Харків. нац. техн. ун-т с. г. ім. Петра Василенка. – Х., 2017. – № 1 (7). – С. 21–28.

8. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания льна-долгунца / [М. М. Труш, И. П. Сергеев, А. Н. Марченков и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 72 с.

9. Лачуга Ю. Ф. Экономическая эффективность раздельной уборки льна / Ю. Ф. Лачуга, А. Н. Зинцов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 12. – С. 8–10.

10. Макаєв В. Технології одержання льнопродукції / В. Макаєв, Р. Гілязетдінов, В. Шейченко // Техніка АПК. – 2006. – № 1–2. – С. 30–31.

11. Малакотина С. М. О сроках уборки льна / С. М. Малакотина // Материалы научных конференций: Агрономия. – Ижевск: Ижевский с.-х. ин-т, 1961. – Вып. 9. – С. 75–81.

12. Афонин М. И. Изменение хозяйственно ценных признаков и свойств в процессе роста и развития льна-долгунца / М. И. Афонин, Л. М. Кукреш // Пути повышения урожайности полевых культур. – Минск: Ураджай, 1971. – Вып. 2. – С. 81–84.

13. Кукреш Л. М. Влияние сроков уборки льна-долгунца на урожай и качество семян / Л. М. Кукреш, И. Я. Киеня // Тезисы докладов 1-й республиканской конференции молодых ученых Белоруссии по вопросам повышения эффективности земледелия. – Жодино: Белорусский НИИ земледелия, 1970. – С. 195–197.

14. Льон-довгунець / [Колектив авторів]; за ред. М. Г. Городнього. – К.: Урожай, 1971. – 364 с.

15. Шейченко В. О. Якість трести льону-довгунцю, отриманої після збирання насіння зернозбиральним комбайном / В. О. Шейченко, П. В. Лук'яненко, В. І. Василюк // Вісн. аграр. науки. – 2012. – № 6. – С. 60–62.

Рецензент д.т.н. Грабар І.Г.