

## Швидкість руху агрегату і висота брання льону-довгунця як фактори якості очісування стебел комбайном

Розглянуто втрати насіння від недоочісування стебел залежно від швидкості руху льонозбирального комбайнового агрегату та висоти брання льону-довгунця. Вплив досліджуваних факторів на якість очісування визначений з використанням елементів дисперсійного аналізу.

**льон-довгунець, збирання, комбайн, стебло, очісування, якість, дисперсія, аналіз**

**Постановка проблеми.** Швидкість руху льонозбирального комбайнового агрегату і висота брання льону-довгунця виступають як регульовані параметри комбайна, які визначають продуктивність агрегату і функціонування його з позицій екологоспрямованого розвитку механізованого збирання. Із збільшенням висоти брання зменшується засміченість льоновороху бур'янами, що сприяє економній витраті палива при його сушінні та наступній переробці. З висотою брання пов'язане і розміщення стебел в затискному конвеєрі, що відповідним чином впливає на якість очісування стебел. На якість очісування впливає і швидкість руху комбайна. У пропонованій статті передбачено з'ясувати деякі з питань проблеми механізованого збирання льону-довгунця, що висвітлюють вплив експлуатаційних режимів комбайнів на ефективність їх використання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В льоносіючих підприємствах України та інших держав, що виникли на теренах колишнього Радянського Союзу, на збиранні льону-довгунця крім інших засобів механізації використовують і комбайни ЛК-4Т та їх модифікації. Дослідженням робочого процесу цих комбайнів займалися науковці науководослідних і навчальних закладів аграрного спрямування та фахівці-виробничники. Дослідників цікавили питання, що пов'язані з вивченням енергетичних властивостей машин та якісних показників їх роботи. В останні роки вивченням комбайнового збирання льону-довгунця займалися В.М. Булгаков, Р.Н. Гілязетдінов, А.Ю. Горбовий, В.Ф. Дідух, В.І. Макаєв, О.О. Налобіна, О.В. Сидорчук, Г.А. Хайліс, А.О. Шарибура, В.О. Шейченко та ін. У працях цих науковців розглянуто низку питань, що висвітлюють теоретичні основи використання комбайнових агрегатів на збиранні льону-довгунця. Проте в публікаціях перерахованих вчених недостатньо висвітлений процес очісування стебел, що супроводжується втратами насіння. За дослідженнями, наприклад [7], втрати насіння при збиранні льону-довгунця комбайнами можуть сягати 23,0...43,0% від біологічної врожайності. При цьому втрати від недоочісування корбочок зі стебел можуть становити 50,0% від загальних втрат.

© А.С. Лімонт, 2010

Якість очісування стебел за втратами насіння при використанні комбайнів вивчали М.Н. Биков [2] та Л.А. Сулима і О.Я. Дюртеєва [8]. За дослідженнями М.Н. Бикова [2] із зміною висоти брання від 200 до 330 мм чистота очісування змінювалася за випуклою залежністю вигляду параболі другого порядку. При цьому найкраще очісування спостерігалось за висоти брання 250 мм. Із зменшенням висоти брання до 200 мм та її збільшенням до 300 і далі 330 мм чистота очісування зменшувалася. Дослідник це пояснює тим, що за малої висоти брання відбувається недоочісування верхньої частини стебел, а за збільшеної – середньої. Із зміною швидкості руху від 1,64 до 13,6 км/год чистота очісування

зростала із спадаючою інтенсивністю, тобто із підвищенням швидкості руху відмічена тенденція зменшення втрат насіння від недоочісування. Дослідження інших науковців [8] свідчать, що із підвищенням швидкості руху від 5,72 км/год до 7,67 і далі до 9,68 км/год втрати насіння в очісаній соломі зростають від 3,66% до 4,24 і 4,74%. Дослідження М.Н. Бикова [2] здійснені на стеблостої з середніми густотою і висотою стебел відповідно 1330 шт./м<sup>2</sup> і 630 мм, а Л.А. Сулими і О.Я. Дюртеєвої [8] на стеблостої з показниками 1513 шт./м<sup>2</sup> і 763 мм. За незначної різниці в показниках середовища використання комбайнів і відповідно умов досліджень цитовані науковці одержали неспівставимі результати щодо впливу швидкості руху на результативну ознаку.

*Мета дослідження* полягала у підвищенні ефективності льонозбирального процесу на базі використання комбайнів ЛК-4Т. *Завдання дослідження*: 1) дослідити вплив швидкості руху льонозбирального комбайнового агрегату на втрати насіння від недоочісування; 2) виявити кількісні закономірності зміни втрат насіння від недоочісування залежно від висоти брання льону-довгунця; 3) з'ясувати якісну взаємодію швидкості руху агрегату і висоти брання льону-довгунця як факторіальних ознак щодо їх впливу на якість очісування стебел в льонозбиральному комбайні.

**Об'єкт та методика дослідження.** Об'єктом дослідження був процес очісування стебел льону-довгунця середньостиглого сорту у фазі ранньої жовтої при переході до жовтої стиглості очісувальним апаратом комбайна ЛК-4Т в реальних умовах його використання [5]. Комбайн агрегували з трактором класу 1,4, а лляний ворох збирали в причеп 2ПТС-4М. Втрати насіння від недоочісування стебел, швидкість руху агрегату і висоту брання визначали за методиками, що наведені в працях [2, 4], а урожайність льону-довгунця, густоту стеблостою перед збиранням і висоту стебел за методикою [6]. Обробка експериментальних даних здійснена з використанням методів дисперсійного аналізу [3, 9] та стандартних комп'ютерних програм.

**Результати досліджень.** Дослідження проведені при збиранні виробничих посівів льону-довгунця. Льонове поле характеризувалося такими параметрами. Густота стеблостою коливалася в межах 403...2552 шт./м<sup>2</sup> за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 1450 і 480 шт./м<sup>2</sup> та коефіцієнта варіації 33,1%. Висота стебел змінювалася від 630 до 780 мм, а середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення приймали значення відповідно 700 і 33 мм за коефіцієнта варіації 4,7%. Середня урожайність соломи і насіння становили відповідно 45,8 і 6,2 ц/га.

Здійснений факторний експеримент типу 3<sup>2</sup> [9], за якого пересікалися два фактори, а саме: швидкість руху комбайнового агрегату і висота брання льону-довгунця комбайном. Для кожного із факторів прийняті три рівні: нижній, основний і верхній. При виборі значень рівнів факторів виходили з параметрів технічної характеристики комбайна ЛК-4Т (ЛК-4А), за якою швидкість руху знаходиться в межах 6...12 (6...10) км/год, а висота брання – 150...400 (135...360) мм. За умовами досліду рівні факторів були фіксовані і кількісні, що дозволило з належною впевненістю виконувати інтерполювання між вибраними фіксованими рівнями [9].

Для перевірки гіпотез про те, що ефекти швидкості руху і висоти брання та ефект взаємодії цих факторів відсутні, співставили спостережувані середні квадрати із середнім квадратом помилки, використовуючи *F*-статистику [3, 9]. Критичне значення *F*-критерію знаходили за таблицями квантилів *F*-розподілу. Входами в таблицю за прийнятого рівня значущості є числа ступенів вільності для дисперсій досліджуваних факторів, що наведені в чисельнику, і ступенів вільності для помилки, які представлені в знаменнику [9]. За [9] по рівню значущості 0,05 і, наприклад, стосовно фактора «швидкість руху агрегату», що змінювався за умовами дослідження на трьох рівнях, при числі ступенів вільності чисельника 2 і знаменника 26 критичний *F*-критерій дорівнює 3,37. Спостережуваний *F*-критерій для фактора «швидкість руху агрегату» становив 8,56. Оскільки спостережуване значення *F*-критерію перевищує його критичне значення, то в цьому дослідженні слід відмітити істотну різницю у втратах насіння від недоочісування у варіантах з різною

швидкістю руху агрегату, що свідчить про заперечення і відхилення нульової гіпотези. Таке стосується і щодо впливу на результативну ознаку висоти брання льону-довгунця. Результати дисперсійного аналізу наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Дисперсійний аналіз щодо визначення впливу швидкості руху  $v_p$  (км/год) льонозбирального комбайнового агрегату і висоти брання  $h_6$  (мм) на втрати насіння  $B_{nn}$  (%) від недоочісування стебел

| Джерело мінливості           | Число ступенів вільності | Сума квадратів | Середній квадрат | F-критерій      |           |
|------------------------------|--------------------------|----------------|------------------|-----------------|-----------|
|                              |                          |                |                  | спостережуваний | критичний |
| Швидкість руху $v_p$         | 2                        | 23,99          | 11,99            | 8,56            | 3,37      |
| Висота брання $h_6$          | 2                        | 85,51          | 42,75            | 30,53           | 3,37      |
| $v_p \times h_6$ – взаємодія | 4                        | 17,32          | 4,33             | 3,09            | 2,74      |
| Помилка                      | 27                       | 37,96          | 1,40             | –               | –         |
| Сума                         | 35                       | 164,78         | –                | –               | –         |

Отже, за результатами порівняння дисперсій різниця між ними істотна і вплив швидкості руху та висоти брання на втрати насіння від недоочісування стебел можна визнати доведеним. При цьому в інтервалі змін досліджуваних факторів не байдуже, якому з них слід надавати перевагу при визначенні режиму експлуатації комбайнового агрегату, оскільки між цими факторами визначена статистично значуща взаємодія. Якісно це свідчить про те, що зміна одного фактора супроводжується різною зміною втрат насіння на різних рівнях іншого досліджуваного фактора.

Для з'ясування кількісних залежностей зміни втрат насіння від швидкості руху і висоти брання та оцінювання істотності частинних відмінностей визначали: середнє арифметичне значення втрат 2,80%; загальну дисперсію для всіх випробовувань 1,4, корінь квадратний від якої становило стандартне відхилення; помилку середнього арифметичного 0,59% та помилку різниці середніх, яка при чотириразовій повторності дослідів становила 0,84%. За визначеною помилкою різниці середніх і прийнятим значенням критерію Стьюдента, що на рівні довірчої ймовірності 0,95 і числа ступенів вільності помилки 27 становив 2,05 [3], найменша істотна різниця для 5%-ного рівня значущості дорівнювала  $HP_{05} = 1,72\%$ . Результати дослідження і статистичної обробки даних наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Зміна втрат насіння (%) від недоочісування стебел залежно від швидкості руху  $v_p$  агрегату та висоти брання  $h_6$  льону-довгунця

| Швидкість руху агрегату $v_p$ , км/год | Висота брання $h_6$ , мм |      |      |
|--|--------------------------|------|------|
|  | 200                      | 265  | 330  |
| 6,2                                    | 0,56                     | 1,51 | 2,90 |
| 9,4                                    | 2,02                     | 3,34 | 5,20 |
| 12,6                                   | 1,34                     | 1,65 | 6,66 |
| $HP_{05} = 1,72\%$                     |                          |      |      |

Аналіз наведених в табл. 2 експериментальних даних зміни втрат насіння залежно від швидкості руху при різних значеннях висоти брання свідчить, що цю зміну можна описати випуклими параболою другого порядку. Після визначення сталих коефіцієнтів параболічні рівняння набули вигляду:

– при висоті брання  $h_6 = 200$  мм –

$$B_{nn} = -7,078 + 1,744v_p - 0,0825v_p^2; \quad (1)$$

– при висоті брання  $h_6 = 265$  мм –

$$B_{\text{нн}} = -10,516 + 2,842v_p - 0,146v_p^2; \quad (2)$$

– при висоті брання  $h_6 = 330$  мм –

$$B_{\text{нн}} = -4,004 + 1,374v_p - 0,04199v_p^2, \quad (3)$$

де  $B_{\text{нн}}$  – втрата насіння льону-довгунця від недоочісування, %;

$v_p$  – швидкість руху льонозбирального комбайнового агрегату, км/год.

Для рівнянь (1...3) значення  $R^2$ -коефіцієнтів, що характеризують міру наближення апроксимуючих параболічних функцій до експериментальних значень втрат насіння, достатньо високі і дорівнюють одиниці.

За рівняннями (1...3) можна визначити швидкість руху комбайнового агрегату, за якої втрати насіння сягають максимального значення. Для цього слід взяти першу похідну зазначених рівнянь і, прирівнявши її до нуля, отримати максимум відповідних функцій. Виявилось, що при висоті брання 200 мм, 265 і 330 мм такими швидкостями є відповідно 10,5 км/год, 9,7 і 16,3 км/год. Значення останньої швидкості виходить за межі експерименту. Таким чином при організації льонозбирального процесу за висоти брання льону-довгунця 200 мм, 265 і 330 мм слід уникати використання комбайнів на швидкостях руху відповідно 10,5 км/год, 9,7 і 12,0 км/год, як максимальною за технічною характеристикою комбайна, на яких втрати насіння максимізуються, сягаючи відповідно 2,14%, 3,31 і близько 6,50%. За дослідженнями [1] належна якість роботи комбайнового агрегату за оптимальних значень пропускної спроможності забезпечувалася на швидкості, що не перевищувала 8 км/год. Отже, у разі брання льону-довгунця комбайном на висоті в межах 200...265 мм за втратами насіння від недоочісування швидкість руху агрегату може сягати 12 км/год.

Відстежування даних табл. 2 щодо втрат насіння від недоочісування залежно від висоти брання вказує на прогресуюче зростання цих втрат із збільшенням висоти брання на різних швидкостях руху комбайнового агрегату. Перевірка вирівнювання експериментальних даних за прямою з додатним кутовим коефіцієнтом, логарифмічною і степеневою функціями та показовою і експоненціальною залежностями з використанням  $R^2$ -коефіцієнта показала наступне. На швидкості руху 6,2 км/год найкраще наближення апроксимування до експериментальних даних забезпечувало вирівнювання за степеневою функцією ( $R^2 = 0,998$ ), а при вирівнюванні за показовою і експоненціальною функціями –  $R^2 = 0,986$ . На швидкості руху 9,4 км/год вирівнювання за степеневою, показовою і експоненціальною функціями забезпечило  $R^2 = 0,999$ . На швидкості руху 12,6 км/год при вирівнюванні за степеневою функцією  $R^2 = 0,809$ , а за показовою і експоненціальною функціями –  $R^2 = 0,862$ .

Рівняння, що кількісно характеризують зміну втрат насіння від недоочісування залежно від висоти брання на різних швидкостях агрегату та при апроксимації цих втрат степеневою функцією, мають вигляд:

– на швидкості руху 6,2 км/год –

$$B_{\text{нн}} = 1,495 \cdot 10^{-8} \cdot h_6^{3,295}; \quad (4)$$

– на швидкості 9,4 км/год –

$$B_{\text{нн}} = 9,284 \cdot 10^{-5} \cdot h_6^{1,884}; \quad (5)$$

– на швидкості 12,6 км/год –

$$B_{\text{нн}} = 2,312 \cdot 10^{-6} \cdot h_6^{2,5299}. \quad (6)$$

Якщо залежності (4...6) подати у логарифмованому вигляді, то можна легко інтерпретувати значення коефіцієнтів, що входять до степневих функцій (4...6). Так, показник степеня при аргументі  $h_6$  характеризує інтенсивність зміни втрат насіння із збільшенням висоти брання. Чим більше значення цього показника, тим більше впливає на втрати насіння збільшення висоти брання, і навпаки. Аналізуючи за цієї умови значення

показника степеня, бачимо, що на меншій швидкості руху (6,2 км/год) вплив висоти брання на втрати насіння найбільший. На цій швидкості руху за експериментальними даними збільшення висоти брання в досліджуваних межах спричинює збільшення втрат насіння у 5,17 раза. На швидкостях руху 9,4 і 12,6 км/год збільшення висоти брання від 200 до 330 викликає зростання втрат насіння відповідно у 2,57 і 3,71 раза.

Зменшення першого члена рівнянь (4...6) свідчить, що зміна швидкості руху неоднозначно впливає на зміну втрат насіння. Найбільше значення цього члена властиве використанню комбайнового агрегату на швидкості 9,4 км/год, коли втрати насіння при висоті брання 200 мм найбільші. Дещо менше значення першого члена у рівнянні (5), що визначає втрати насіння на швидкості руху 12,6 км/год. І найменше значення у рівнянні (4), яке описує зміну втрат насіння залежно від висоти брання на всьому діапазоні її зміни при швидкості руху 6,2 км/год.

У разі апроксимації експериментальних даних втрат насіння залежно від висоти брання на різних швидкостях руху агрегату показовими функціями їх рівняння такі:

– на швидкості руху 6,2 км/год –

$$B_{\text{нн}} = 0,0472 \cdot 1,01273^{h_6}; \quad (7)$$

– а швидкості 9,4 км/год –

$$B_{\text{нн}} = 0,47636 \cdot 1,0073001^{h_6}; \quad (8)$$

– на швидкості 12,6 км/год –

$$B_{\text{нн}} = 0,2047835 \cdot 1,010148^{h_6}. \quad (9)$$

Перші члени показових функцій (7...9) за своїми значеннями з урахуванням швидкості руху агрегату щодо її впливу на втрати насіння можна ранжирувати аналогічно першим членам степеневих функцій (4...6). Щодо іншого члена рівнянь (7...9) показових функцій то він дещо перевищує одиницю, але за своїми значеннями на різних швидкостях руху змінюється аналогічно показникам степенів рівнянь степеневих функцій (4...6).

**Висновки.** На засадах дисперсійного аналізу доведено, що висота брання льонувдгунця комбайном та швидкість руху комбайнового агрегату впливають на втрати насіння від недоочісування стебел. Щодо впливу на втрати насіння між цими факторами виявлена статистично значуща взаємодія. Мінімум втрат насіння від недоочісування можна забезпечити при використанні комбайнів за висоти брання, що не перевищує 265 мм. При цьому швидкість руху комбайнового агрегату може сягати 12 км/год, але водночас при визначених обмеженнях висоти брання слід уникати використання комбайнів на швидкостях руху 9,7...10,5 км/год.

**Напрямок подальших розвідок** на нашу думку має бути спрямований на дослідження розтягнутості розстелюваних комбайном стрічок льоносоломи з урахуванням впливу розтягнутості на втрати насіння від недоочісування.

## Список літератури

1. Баранов И.В. Анализ составляющих энергобаланса льнокомбайнового агрегата / И.В. Баранов, Л.П. Волков // Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1974. – Вып. 12. – С. 76 – 84.
2. Быков Н.Н. Режимы и качество работы комбайна / Н.Н. Быков // Лен и конопля. – 1969. – № 5. – С. 29 – 30.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. [для агрономических специальностей с.-х. вузов] / Доспехов Б.А. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
4. Кукта Г.М. Испытания сельскохозяйственных машин / Кукта Г.М. – М.: Машиностроение, 1964. – 284 с.
5. Лимонт А. Влияние высоты тербления и скорости движения льнокомбайна на параметры расстилаемой ленты / А. Лимонт // Техника в с. х. – 1975. – № 8. – С. 17 – 18.

6. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом / [Долгов Б.С., Заворотченко И.С., Ковалев В.Б. и др.]; под ред. Б.С. Долгова и В.Б. Ковалева. – Торжок: Всесоюз. НИИ льна, 1978. – 78 с.
7. Оробинский Д.Ф. Снижение потерь семян льна при уборке / Д.Ф. Оробинский, Н.С. Парфенов // Техника в с. х. – 1978. – № 8. – С. 28 – 29.
8. Сулима Л.А. Результаты исследований работы серийных льноуборочных машин в условиях Северо-Запада / Л.А. Сулима, О.Я. Дюртеева // Научно-исследовательский и проектно-технологический ин-т механизации и электрификации с. х. Северо-Запада: науч. тр. – Л., 1971. – Вып. 8. – С. 99 – 103.
9. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента / Хикс Ч.; пер. с англ. Т.И. Голиковой, Е.Г. Коваленко, Н.Г. Микешинной; под ред. В.В. Налимова. – М.: Мир, 1967. – 406 с.

*А. Лимонт*

**Скорость движения агрегата и высота теребления льна-долгунца как факторы качества очесывания стеблей комбайном**

Рассмотрены потери семян от недоочесывания стеблей в зависимости от скорости движения льноуборочного комбайнового агрегата и высоты теребления льна-долгунца. Влияние исследуемых факторов на качество очесывания определено с использованием элементов дисперсионного анализа.

*A. Limont*

**The unit running speed and fiber flax pulling height as factors of combine stalk stripping quality**

The paper considers loss of seeds by stalk under stripping mess depending on flax combine unit travel speed and fiber flax pulling height. The influence of the factors under study on the stripping quality has been determined using some elements of dispersion analysis.

Одержано 16.05.10