

ЗМІНА ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ВІД ТЕРМІНІВ ЗБИРАННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ВТРАТ ЗЕРНА

Д. Домуші, П. Устуянов, Р. Мокан

Одеський державний аграрний університет (Україна)

Актуальність дослідження зумовлена збереженням біологічної врожайності зернових культур, яка залежить від терміну збиральних робіт технологічними збирально-транспортними комплексами. Вирішується проблема щодо визначення оптимальних термінів збирання зернових культур для виконання збиральних робіт по критерію допустимих втрат врожаю зерна. Представлені теоретичні дослідження зміни врожайності та відносних втрат зерна від строків виконання збиральних робіт. Обґрунтовуються залежності визначення добової продуктивності зернозбиральних комбайнів та втрат урожаю зерна від термінів збирання для різних способів збирання зернових культур.

Ключові слова: *зернові колосові культури, урожайність, терміни збирання, комбайн, втрати.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Великі проблеми стоять перед сільськими трудівниками на останньому етапі виробництва сільськогосподарської продукції – збирання врожаю, особливо це стосується збирання зернових культур. Для збирання всього вирощеного врожаю та зменшення втрат зерна, збирання необхідно проводити у стислі агротехнічні терміни. Досягти цього можна за допомогою раціональної організації збиральних робіт стосовно природних і виробничих особливостей даної зони.

Коли неможливо уникнути втрат урожаю зернових колосових культур від несвоєчасного виконання технологічного процесу збирання, необхідно вибрати терміни початку його виконання, щоб звести втрати врожаю до мінімуму.

Тривалість збирання залежить від наявності та стану збиральної техніки (ЗТ), транспортних засобів (ТЗ), організації роботи збирально-транспортних комплексів (ЗТК), погодних умов та інших організаційних, виробничих та природних факторів. У зв'язку з цим і виникає завдання щодо визначення оптимальних термінів збирання врожаю для виконання збирального технологічного процесу по критерію допустимих втрат урожаю.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Як відомо, накопичення поживних речовин у зерні зернових колосових культур (пшениця, ячмінь, жито та ін.) закінчується до середини фази воскової стиглості [1]. Для того, щоб не допустити травмування зерна, пряме комбайнування за сухої погоди рекомендується починати через 3-4 дні після фази повної стиглості [2]. Проте практично з першого дня жнив починаються втрати врожаю. Тому, щоб попередити їх, збирання зернових колосових культур бажано проводити протягом 1-2 днів. Але такі темпи робіт вимагають великої кількості збиральної та іншої техніки, що веде до значного підвищення собівартості продукції. Отже, зміст додаткової техніки має окупатися зниженням втрат урожаю. З цих позицій слід підходити до обґрунтування оптимальної тривалості прибирання.

За даними ряду авторів, оптимальні терміни збирання для пшениці та жита становлять 6-8 календарних днів, вівса та ячменю – 5-7 днів з моменту настання повної стиглості [3,4,5].

Для встановлення агротехнічних термінів та тривалості виконання збиральних технологічних операцій у кожному господарстві мають бути вирішені питання технології збирання та визначено кількісний та якісний склад зернозбиральних комбайнів збирально-транспортних комплексів [6].

Експлуатаційні фактори, що регламентують роботу збирально-транспортних комплексів (ЗТК) при виконанні збиральних технологічних операцій, характеризуються параметрами трьох типів: кількісними, якісними та тимчасовими [7]. Кількісні параметри характеризують витрату технологічних матеріалів і втрати продукції, що збирається. Якісні параметри характеризують зміни у виробничих умовах та технологічному матеріалі збирального технологічного процесу (ступінь дроблення, забруднення продукції, висота зрізу тощо). До тимчасових параметрів належать тривалість роботи

техніки збирально-транспортних комплексів протягом доби та календарні агротехнологічні терміни виконання робіт.

Встановлено, що тимчасові параметри мають найбільший вплив на обсяг врожаю зернових колосових культур (пшениця, ячмінь, жито, овес та ін.) і якість продукції - зерна, що збирається [8]. Так як передчасне або пізніше виконання технологічного процесу збирання врожаю знижує обсяг врожаю через збільшення втрат продукції, що збирається.

Тому в процесі збирання зернових особливу увагу слід приділяти дотриманню технологічної дисципліни: проведення збиральних робіт у оптимальні терміни відповідно до агротехнічних вимог та технологічних допусків [9].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В дослідженнях відмічається, що відносні втрати зерна зернових колосових культур (жито, пшениця, ячмінь, овес) у процесі дозрівання і після повної стиглості зерна можна виразити залежністю типу параболи (Рис.1) [10].

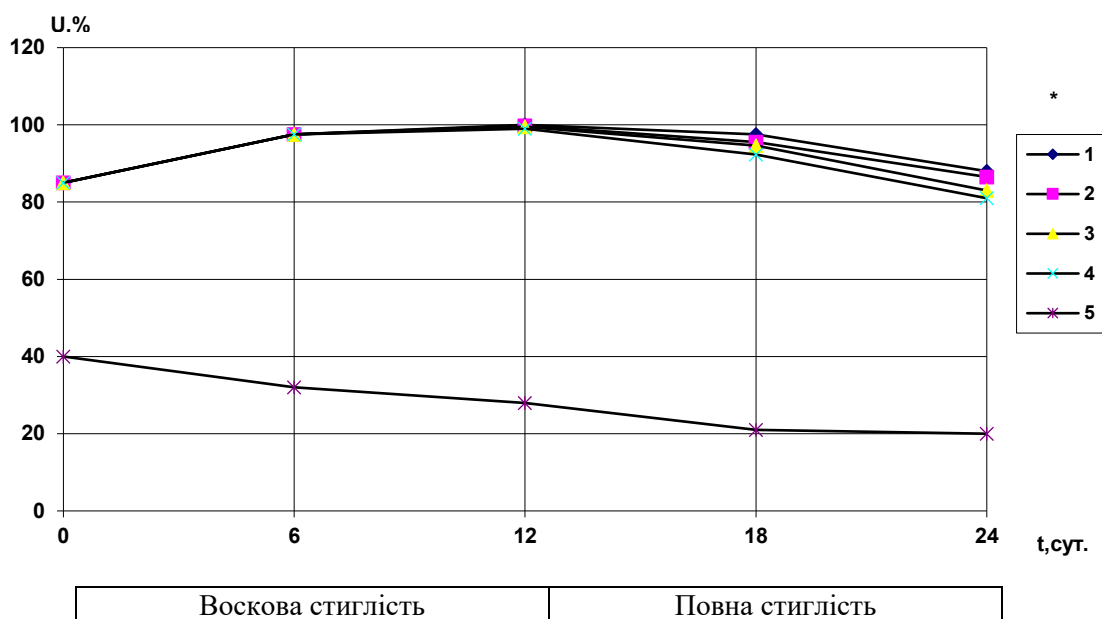


Рис. 1. Зміна урожайності зернових колосових культур (1-4) та вологості зерна (5) від фази дозрівання і термінів збирання: 1 – жито; 2 – пшениця озима; 3 – ячмінь озимий; 4 – овес

За надто ранніх термінів проведення збирання врожаю, коли зернові колосові культури ще не дозріли, отримуємо щупле зерно з дуже низьким вмістом сухих речовин. При збільшенні термінів збиральних робіт отримуємо полягання зернової маси, осипання зерна та підвищені втрати при роботі техніки збирально-транспортних комплексів.

Кількісні зміни урожайності зернових колосових культур залежно від технологічних термінів виконання збиральних робіт – $U = f(t)$, т/га мають певну закономірність забезпечення максимум обсягу врожаю за оптимальних термінів збирання. Треба пам'ятати, що залежність $U = f(t)$, т/га може бути виражена різними функціями, яка багато в чому залежить від виробничих, технологічних і технічних умов отримання експериментальних даних. Зазначаємо, що графік цієї функції має вигляд дугоподібної кривої за необхідного діапазону часу його визначення [10].

Отже, для обґрунтування оптимальних термінів збирання зернових необхідно визначити зміну урожайності та відносних втрат урожаю до настання повної готовності полів до збирання (повного дозрівання) та після нього.

Зміна урожайності – U , т/га від термінів збирання з певної довірчою ймовірністю представимо рівнянням виду [10]:

$$u(t, t_{opt}) = \begin{cases} u + a_1t - b_1t & \text{при } t < t_{opt} \\ u - a_2t - b_2t & \text{при } t > t_{opt} \end{cases} \quad (1)$$

де a_1 – дослідний коефіцієнт для визначення урожайності до настання повного дозрівання зерна, т/га за добу;

a_2 – дослідний коефіцієнт для визначення урожайності після настання повного дозрівання зерна, т/га за добу;

b_1 – дослідний коефіцієнт для визначення урожайності до настання повного дозрівання зерна, т/га за добу²;

b_2 – дослідний коефіцієнт для визначення урожайності після настання повного дозрівання зерна, т/га за добу²;

t – терміни проведення збирання робіт, дів;

t_{opt} – оптимальний терміни проведення збирання робіт, дів.

Інтенсивність втрат зерна – K_1 і K_2 можна визначити через залежності ($K_1, t/$ добу – до настання і $K_2, t/$ добу – після настання готовності зернових колосових культур до збирання):

$$K_1 = \frac{dU}{dt} = [a_1 - 2b_1t] \quad (2)$$

$$K_2 = \frac{dU}{dt} = [-a_2 - 2b_2t] \quad (3)$$

Наступні залежності зміни інтенсивності втрат зерна $K_1, t/$ добу і $K_2, t/$ добу отримаємо після перетворення їх у відносних одиницях:

$$K_1 = K_{01} - A_1t \quad (4)$$

$$K_2 = K_{02} + A_2t, \quad (5)$$

де A_1 – дослідний коефіцієнт для визначення урожайності до настання повного дозрівання зерна, доба⁻²;

A_2 – дослідний коефіцієнт для визначення урожайності після настання повного дозрівання зерна, доба⁻²;

K_{01} – інтенсивність втрат урожаю з моменту початку виконання технологічного процесу до настання повного дозрівання зерна, доба⁻¹;

K_{02} – інтенсивність втрат урожаю з моменту початку виконання технологічного процесу після настання повного дозрівання зерна, доба⁻¹.

В дослідженнях вказується, що всі природні процеси, які тривають у часі, а також процес дозрівання зернових колосових культур, розвиваються за S-образною залежністю. Але треба зазначити, що їх використання в практичних та технологічних розрахунках пов'язане з деякими труднощами. У зв'язку з цим цю залежність необхідно апроксимувати за допомогою іншої більш простої функції, наприклад, прямолінійної. Це дозволить наступну залежність площі зернових колосових культур, що збирається (функцію $F=f(t)$, га/добу) представити у вигляді рівняння:

$$F = P(t_2 - t_1) \quad (6)$$

Тоді темп настання готовності зернових культур до збирання P , га/добу визначається як [10]:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n F}{t_2 - t_1}, \quad (7)$$

де $\sum_{i=1}^n F$ – загальна площа збирання зернових колосових культур, га;

t_1 – ранній термін настання готовності зернових колосових культур до збирання, год;

t_2 – пізній термін настання готовності зернових колосових культур до збирання, год.

Якщо середня добова продуктивність зернозбиральних комбайнів – W_c , га/добу, що використовуються, відповідає темпу настання готовності зернових колосових культур до збирання – P , га/добу, то втрати врожаю дорівнюватимуть нулю (тобто при $W_c = P$, то $K = 0$).

Розглянемо методику розрахунку технологічного процесу збирання зернових колосових культур при найпоширенішому способі організації збирання – однопрохідного прямого збирання зернозбиральним комбайном.

Розглянемо такий варіант технологічного процесу збирання, коли на момент часу t_a , год. буде зібрано площу – F_a , га. Втрати врожаю – dQ , т/га з елементарної площі – dF , га через передчасне збирання зернових колосових культур становитимуть:

$$dQ_1 = U \left[K_{01} - A_1(t_b - t_a) \right] (t_b - t_a) dF, \quad (8)$$

Тимчасовий відрізок ($t_b - t_a$) можна виразити через залежність:

$$t_b - t_a = AC_1 - BC_1 = \frac{F_c - F_a}{W_c} - \frac{F_c - F_a}{P}, \quad (9)$$

де F_c – середня площа, яка зібрана до готовності зернових до збирання, га.

Підставивши залежність (9) у формулу (8), отримаємо рівняння:

$$dQ_1 = U \left(\frac{1}{W_c} - \frac{1}{P} \right) \left[K_{01}(F_c - F_a) - A_1(F_c - F_a)^2 \right] dF. \quad (10)$$

У перший період збирання зернових колосових культур загальні втрати врожаю Q_1 , т з площі F_c , можна виразити, про інтегрувавши рівняння (10) в межах від 0 до F_c :

$$Q_1 = \int_0^{F_c} U \left(\frac{1}{W_c} - \frac{1}{P} \right) \left[K_{01}(F_c - F_a) - A_1(F_c - F_a)^2 \right] dF. \quad (11)$$

У другому періоді збирання зернових колосових культур, тобто. при $t > t_c$, год, коли виробничий процес виконується із запізненням, щодо настання готовності зернових колосових культур до збирання, загальні втрати врожаю Q_2 , т обчислюємо, представивши величину втрат урожаю з елементарної площі dF при збиранні її в момент часу t_k , як:

$$dQ_2 = U \left[K_{02} + A_2(t_k - t_e) \right] (t_k - t_e) dF. \quad (12)$$

Далі знаходимо величину тимчасового відрізка ($t_k - t_e$) і, підставивши отриманий вираз в залежність (12), після інтегрування цього виразу в межах від 0 до $F - F_c$ отримаємо:

$$Q_2 = U \left(\frac{1}{W_c} - \frac{1}{P} \right) \left[K_{02} \frac{(F - F_c)^2}{2} + A_2 \frac{(F - F_c)^3}{3} \right]. \quad (13)$$

Відповідно, загальні втрати врожаю зернових колосових культур Q , т можна визначити з рівняння:

$$Q = Q_1 + Q_2 = U \left(\frac{1}{W_c} - \frac{1}{P} \right) \left[K_{01} \frac{F_c^2}{2} - A_1 \frac{F_c^3}{3} + K_{02} \frac{(F - F_c)^2}{2} + A_2 \frac{(F - F_c)^3}{3} \right] \quad (14)$$

Після деяких перетворень отримаємо втрати зерна при оптимальній організації виробничого процесу прямого збирання зернозбиральними комбайнами зернових колосових культур:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{UK_2F^2}{2} \left(\frac{1}{W_c} - \frac{1}{P} \right) C, \quad (15)$$

де C - коефіцієнт інтенсивності втрат, який визначається залежністю:

$$C = 1 + \frac{K_1K_2}{(K_1 + K_2)^2} - \frac{2K_2}{K_1 + K_2} + \frac{K_2^2}{(K_1 + K_2)^2} \quad (16)$$

Тоді середню добову продуктивність зернозбиральних комбайнів – W_c , га/добу, що забезпечує задану величину втрат $[Q]$, т/га, можна розрахувати за формулою:

$$W_c = \frac{0,5K_2FPC}{P[Q] + 0,5K_2FC}. \quad (17)$$

Таким чином, знаючи площу, виділену для прямого способу збирання врожаю зернових колосових культур, можна визначити добову продуктивність зернозбиральних комбайнів, що забезпечують допустимі втрати врожаю на цих площах збирання зернових. Для інших способів збирання зернових колосових культур добова продуктивність зернозбиральних комбайнів розраховується за такою самою методикою та формулами.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для отримання достовірної інформації про зміну врожайності за ГОСТ 28301-89 та на підставі методики дослідження [11] визначено обсяг та об'єкти дослідження. У різних господарствах Одеської області були обрані поля загальною площею, що відповідають середнім розмірам та вимогам умов

півдня України. У різних місцях поля, на яких збираються зернові колосові культури, виділялася контрольна ділянка розміром 14 на 14 метрів з трьома контрольними майданчиками по 1 м². Втрати після настання повної стиглості визначалися шляхом збору і зважування зерна, що обсіпалося на 1 м². Початок дослідів щодо втрат врожаю відповідало стадії молочно-воскової стиглості і тривали до припинення зростання маси зерна – повного дозрівання. Втрати зерна від самого осипання визначалися від стадії повного дозрівання зерна до закінчення збиральних робіт.

Для визначення змін врожайності зернових колосових культур, коефіцієнта інтенсивності втрат врожаю, а також для встановлення темпу настання готовності полів до збирання були проведені експериментальні дослідження в господарствах Одеської області. Дослідження розпочиналися з раннього терміну настання молочно-воскової стиглості зернових колосових культур та тривали до пізнього терміну збирання.

Проведені спостереження за дозріванням озимої пшениці-Безостою 1 та зміною ваги 1000 зерен показали, що наявність на полі 70-80 % зерен повної та воскової стиглості відповідає найбільшому врожаю (Таблиця 1).

Таблиця 1 Зміна врожаю зерна озимої пшениці на корені

Фази дозрівання та терміни повної стиглості	Урожай (ц/га) при 14% вологості зерна			
	Номери дослідних полів			
	1	2	3	4
1. Фаза 20-25% зерна воскової та повної стиглості	44,8	23,6	33,0	33,1
2. Фаза 45-60% зерна воскової та повної стиглості	46,4	24,0	33,9	34,7
3. Фаза 70-80% зерна воскової та повної стиглості	46,9	24,8	34,1	35,5
4. Фаза повної стиглості	46,9	25,3	34,1	34,0
5. Термін – через 4 дні після початку повної стиглості	46,5	25,0	33,7	33,0
6. Термін – через 6 днів після початку повної стиглості	46,2	24,5	33,5	32,0
7. Термін – через 10 днів після початку повної стиглості	45,3	24,0	33,1	31,2
8. Термін – через 15 днів після початку повної стиглості	44,2	23,1	32,1	30,6
9. Термін – через 30 днів після початку повної стиглості	41,6	21,3	30,0	28,9

За даними табл. 1 видно, що найбільше збирання врожаю досягається з моменту настання найбільшого врожаю (фаза повної стиглості) і до 6-10 дня після початку повної стиглості, що дорівнює тривалості в 6 - 12 днів.

В результаті обробки експериментальних даних визначені коефіцієнти лінійного регресивного рівняння (4) і (5) за представленою методикою та отримано зміни інтенсивності втрат врожаю зернових колосових культур до настання повної готовності полів до збирання та після неї (рис. 1), які можна представити у такому вигляді: $K_1=0,0250-0,00120 \cdot t$; $K_2=0,0054+0,00041 \cdot t$.

ВИСНОВКИ

1. Розраховані залежності вказують на те, що за заданих виробничих та технологічних умов збирання зернових колосових культур величина втрат урожаю – Q, т залежить від значення площі – F_c, га, яку необхідно виділити для збирання до настання готовності зернових до збирання. Потрібно визначити таке значення F_c, га, у якому можна отримати максимальний збір врожаю зернових колосових культур, тобто. мінімально можливі втрати через невчасність збирання врожаю.

2. Погодні умови, різні сорти зернових та інші фактори визначають нерівномірність дозрівання полів. Термін дозрівання зернових колосових культур змінюється залежно від площі, яка збирається. Визначення термінів повного дозрівання зерна дає змогу встановити темп настання готовності полів

до збирання. За результатами досліджень було встановлено, що темп настання готовності полів до збирання коливається в межах від 200 до 800 га на добу.

3. Встановлені залежності зміни інтенсивності втрат, темпу настання повної стиглості та обмеження за термінами збирання зернових колосових культур можна використовувати в моделях для оптимізації технологічного процесу збирання зернових колосових культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каленська С.М. Рослинництво: Підручник. С.М. Каленська, О.Я. Шевчук, М.Я. Дмитрашак, О.М. Козяр, Г.І. Демидась; За редакцією О.Я. Шевчука. К.: НАУУ, 2005. 502 с.
2. Домуші Д. П. Молчанюк Є. В. (2022). Обґрунтування оптимальної тривалості збирання зернових культур. Аграрна наука: стан та перспективи розвитку: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Одеса, 24-25 листопада 2022р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса: ОДАУ, 2022. С.45-47.
3. Мазур В.А. Рослинництво: Навчальний посібник. В.А. Мазур, І.С. Поліщук, Н.В. Телекало, М.О. Мордванюк. Вінниця: ТОВ «Друк», 2020. 352 с.
4. Нормативи витрат живої та уречевленої праці на виробництво зернових культур. В.В. Вітвицький, П.М. Музика, М.Ф. Кисляченко, І.В. Лобастов. К.: НДІ "Укראгропромпродуктивність", 2010. 352 с.
5. Дробот В.І. Економічний довідник аграрника. В.І. Дробот, Г.І. Зуб, П.М. Кононенко та ін. ; ред. Ю.Я. Лузан, П.Т. Саблук. К.: Преса України, 2003. 800 с.
6. Домуші Д.П., Новаковський М.А. Особливості організації технологічного процесу збирання зернових культур. Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. пр. Одеського ДАУ. Технічні науки. Одеса: 2013. № 65. С.157–161.
7. Множина основних подій та особливості їх планування у проектах збирання ранніх зернових культур/ Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик та ін.. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук зб. Глеваха, 2011. Вип.95. С.365 – 374.
8. Скібчик В.І., Днесь В.І. Визначення обсягів втрат вирощеного врожаю зернових культур за різних параметрів технічного оснащення їх збирання та післязбиральної обробки зерна. Технології АПК XXI століття: проблеми і перспективи розвитку: Зб. матер. междунар. науч. – практ. конф. (13-14 квітня м. Ніжин).- Ніжин, 2017. С.157–159.
9. Домуші Д. П. Супрунюк В. П. (2022). Аналіз технологій і способів машинного збирання зернових колосових та зернобобових культур. Аграрна наука: стан та перспективи розвитку: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Одеса, 24-25 листопада 2022р.). Одеський державний аграрний університет. Одеса: ОДАУ, 2022. С. 48-51.
10. Домуші Д.П., Пожар О.Я., Остапенко А.В. Модель оптимізації термінів збирання зернових культур технологічними комплексами. Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. пр. Одеського ДАУ /Технічні науки. Одеса: ОДАУ, 2017. №85. С.112–116.
11. Краус Н. М. Методологія та організація наукових досліджень. Полтава: Оріяна, 2012. 180 с.

CHANGES IN GRAIN YIELD DEPENDING ON TIMING HARVESTING AND JUSTIFICATION OF THE INTENSITY OF GRAIN LOSSES

D. Domushchi, P. Ustuianov, R. Mogan
Odesa State Agrarian University (Ukraine)

The relevance of the study is determined by the preservation of the biological yield of grain crops, which depends on the term of harvesting work by technological harvesting and transport complexes. The problem of determining the optimal terms of harvesting grain crops for the performance of harvesting works according to the criterion of permissible losses of the grain crop is being solved. Theoretical studies of yield changes and relative losses of grain depending on the timing of harvesting operations are presented. The dependences of determining the daily productivity of grain harvesters and losses of grain harvest on the timing of harvesting for different methods of harvesting grain crops are substantiated.

Key words: grain ear crops, yield, harvest time, harvester, losses.