

УДК 633.521

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).1.204-215](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.204-215)**А.С. Лімонт**, доц., канд. техн. наук*Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир, Україна**e-mail: andrespartak@ukr.net***З.А. Лімонт***Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна*

Коренева система рослин і характеристики стебел льону-довгунця

В статті досліджені характеристики стебел льону-довгунця залежно від маси коріння однієї рослини та її частки в загальній масі рослин. В якості характеристик стебел прийняті висота рослин, маса насіння з однієї рослини, зігнутість стебел, кількість рослин з рівним стеблом (%), вміст деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані від сім'ядольних листочків до 10 см, 10–20 і 20–30 см, а також вихід волокна з технічної частини стебла.

На підставі кореляційно-регресійного аналізу експериментальних даних про масу коріння однієї рослини льону-довгунця, а також частку маси коріння в загальній масі рослин і досліджуваних характеристик стебел, які наведені в літературних джерелах, з'ясовано, що зміна висоти рослин, маси насіння з однієї рослини, кількості рослин з рівним стеблом (%) та вмісту деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані до 10 см від сім'ядольних листочків залежно від частки маси коріння в загальній масі рослин описується рівняннями прямолінійної регресії з додатними кутовими коефіцієнтами. Залежно від цієї ж факторіальної ознаки зміна зігнутості стебел описується рівнянням спадної степеневі функції.

льон-довгунець, рослина, коріння, надземна частина, стебло, маса, характеристики стебла, зв'язок

Постановка проблеми. В Україні крім інших дослідників вивченням технології вирощування льону-довгунця займалися Л.Д. Фоменко [1], Н.Г. Городній [2] та його учні і послідовники. Серед низки досліджуваних питань науковці вивчали масу коріння рослин льону-довгунця та її вплив на урожай льону-довгунця. В якості показників урожаю льону-довгунця крім урожайності льонопродукції досліджували стеблостій культури перед збиранням і розмірні характеристики стебел. Про вплив маси кореневої системи рослин на родючість ґрунтів вказано і в праці [3], а в статті [4] наведено результати досліджень кореневої системи рослин льону-довгунця і деяких показників надземної частини рослин культури. Проте в проблемі наукового забезпечення технології вирощування льону-довгунця і оцінювання кореневої системи рослини цієї культури поки що залишалася ще нез'ясованою низка питань. Про деякі з таких питань і буде йти мова в цьому повідомленні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В дослідженнях [1, 2] визначення маси кореневої системи рослин льону-довгунця здійснювали при оцінюванні різних знарядь та способів і прийомів основного обробітку ґрунту.

За даними Л.Д. Фоменка [1] маса повітряно-сухого коріння льону-довгунця з одного квадратного метра орного шару (0–20 см) льонища у фазі цвітіння залежно від досліджуваних прийомів (способів) основного обробітку ґрунту коливалася в межах від 413 до 583 г/м². При цьому мінімальне значення маси коріння 413 г/м² спостерігалось за зяблевої безполицевої оранки на глибину 20–22 см. Максимальне значення маси коріння 583 г/м² відмічено за зяблевої оранки на 20–22 см з розпушуванням дна борозни на глибину 5–7 см ґрунтопоглиблювачами. Усереднено за всіма

досліджуваними прийомами обробітку ґрунту значення маси коріння (середнє арифметичне значення) становило 490 г/м^2 за середнього квадратичного відхилення $51,0 \text{ г/м}^2$. Коефіцієнт варіації такого емпіричного розподілу маси коріння дорівнював 10,4%.

Серед оцінних показників способів основного обробітку ґрунту, а, отже, і маси кореневої системи рослин льону-довгунця Л.Д. Фоменко [1] поряд з іншими параметрами урожаю (урожайністю насіння і волокна та густотою стеблостою перед збиранням) визначав і деякі морфологічні ознаки рослин, зокрема висоту і товщину (діаметр) стебел. Дослідженнями Н.А. Дяконова [5], який працював на Псковській сільськогосподарській дослідній станції, встановлено, що між загальною висотою рослин льону-довгунця і вмістом в ній волокна існує додатний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,190. Між товщиною рослин і вмістом в них волокна за висловлюванням Н.А. Дяконова існує досить різка від'ємна кореляція з коефіцієнтом кореляції мінус 0,400. Проте кількісного зв'язку між досліджуваними ознаками Н.А. Дяконов не з'ясував.

За дослідженнями [2] коренева маса рослин льону-довгунця в повітряно-сухому стані у фазі ранньої жовтої стиглості на повній глибині проникнення в ґрунт залежно від використовуваних знарядь для основного обробітку ґрунту на гектарній площі коливалася від 11,9 до 13,4 ц/га. При цьому коріння проникало в ґрунт на 110–120 см, але основна маса його розміщувалась в шарі ґрунту глибиною від 0 до 20 см. В дослідженні М.Г. Городнього [2] і його співавторів за оранки плугом з передплужником, лемішного і дискового луцення та одержання кореневої маси рослин льону-довгунця відповідно 13,4 ц/га, 12,8 і 11,9 ц/га урожайність носіння в тій же послідовності становила 4,55 ц/га та 4,24 і 3,80 ц/га при урожайності соломи відповідно 40,3 ц/га та 35,8 і 31,2 ц/га. Отже, із збільшенням кореневої маси рослин урожайність льонопродукції зростала.

За розрахунками з використанням даних [2] частка маси коріння в загальній масі коріння і надземної частини рослин коливалася від 20,1 до 22,1%. В праці [6] В.В. Лиховора і В.Ф. Петриченка вказано, що маса кореневої системи льону-довгунця не перевищує 8–10% маси всієї рослини і основна частина (80%) маси коріння розташовується в орному шарі ґрунту.

З наведених даних випливає, що в літературних джерелах відсутня інформація про масу кореневої системи однієї рослини льону-довгунця та її зв'язок з характеристиками надземної частини рослин. Таку інформацію можна отримати з використанням експериментальних даних К. Бачяліса [4], який на Упітській дослідній станції Литовського науково-дослідного інституту землеробства вивчав стійкість різних сортів льону-довгунця проти (до) вилягання. Рослини вирощували в вегетаційному будиночку в посудинах Мітчерліха, що вміщали 7 кг ґрунту. У фазі ранньої жовтої стиглості в рослинах відмивали кореневу систему і визначали масу коріння рослин і надземної частини рослин.

Постановка завдання. Таким чином, мета статті полягала в дослідженні характеристик стебел льону-довгунця залежно від маси коріння однієї рослини та її частки в загальній масі рослин. В якості характеристик стебел з урахуванням досліджень К. Бачяліса [4] прийняті висота рослин, маса насіння з однієї рослини, зігнутість стебел, кількість рослин з рівним стеблом (%), вміст деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані від сім'ядольних листочків до 10 см, 10–20 і 20–30 см та вихід волокна з технічної частини стебла. *Завдання дослідження:* 1) з використанням експериментальних даних К. Бачяліса розрахувати масу коріння рослин

досліджуваних сортів льону-довгунця; 2) визначити основні статистичні показники варіаційних рядів і емпіричних розподілів маси коріння однієї рослини льону-довгунця, частки маси коріння в загальній масі рослин, висоти рослин, маси насіння з однієї рослини, зігнутої стебел, кількості рослин з рівним стеблом (%), вмісту деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані до 10 см, 10–20 і 20–30 см від сім'ядольних листочків та виходу волокна із технічної частини стебла; 3) визначитися з результативними і факторіальними ознаками в дослідженні та опрацювати відповідні двомірні варіаційні рядки; 4) з використанням опрацьованих двомірних варіаційних рядів здійснити кореляційний аналіз результативних і факторіальних ознак з визначенням коефіцієнтів кореляції між результативними і факторіальними ознаками та кореляційних відношень результативних ознак на факторіальні; 5) з використанням результатів кореляційного аналізу висловити припущення щодо можливості форми зв'язку між результативними і факторіальними ознаками; 6) для остаточного з'ясування форми зв'язку між досліджуваними ознаками з використанням стандартних комп'ютерних програм здійснити вирівнювання експериментальних значень результативних ознак залежно від факторіальних рівняннями прямих та низкою криволінійних функцій з розрахунком для кожної з них R^2 -коефіцієнта; 7) за значеннями R^2 -коефіцієнтів вибрати прогностичну функцію, рівняння регресії якої забезпечує найбільшу вірогідність наближення експериментальних значень результативної ознаки до вирівняних за відповідною апроксимуючою залежністю; 8) розрахувати помилки опрацьованих модельних рівнянь регресії результативних ознак на факторіальні та коефіцієнти детермінації відповідних кореляційних зв'язків і рівнянь регресії; 9) дати графічну інтерпретацію виявлених зв'язків та зробити відповідні висновки і висловити можливий напрям практичної реалізації результатів дослідження.

Об'єкт і методика дослідження. Об'єкт дослідження – експериментальні дані К. Бачяліса [4] щодо вивчення стійкості проти (до) вилягання 22 сортів льону-довгунця колишньої радянської і зарубіжної селекції. Дослідження, що спрямовані на пошук і з'ясування якісних і кількісних зв'язків між масою кореневої системи рослин і характеристиками стебел льону-довгунця, виконані з використанням основних засад математичної статистики і зокрема кореляційно-регресійного аналізу [7–10].

Виклад основного матеріалу. Масу коріння однієї рослини льону-довгунця визначали як частку від ділення маси абсолютно сухого коріння в посудині Мітчерліха (дані К. Бачяліса) на кількість рослин в посудині (45 рослин за тими ж даними). Залежно від сорту льону-довгунця маса абсолютно сухого коріння в посудині коливалася від 3,99 до 8,64 г. Решта експериментальних даних, що визначені нами в якості характеристик стебел льону-довгунця, запозичені із праці [4]. Назви визначених нами характеристик повністю збігаються з назвою показників надземної частини рослин льону-довгунця, що визначав К. Бачяліс.

В табл. 1 наведені основні статистичні показники досліджуваних емпіричних розподілів, що характеризують масу коріння з однієї рослини та визначені характеристики стебел.

Таблиця 1 – Основні статистичні показники досліджуваних емпіричних розподілів

№ з/п	Досліджувана ознака	Розмах варіювання	Середнє арифметичне значення	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації, %
1	Маса абсолютно сухого коріння однієї рослини $m_{кр}$, мг	89–192	138	29,3	21,2
2	Частка маси коріння в загальній масі рослин λ_k , %	19,5–32,9	25,8	3,72	14,4
3	Висота рослин h_p , %	77,2–132,6	113,1	10,12	8,9
4	Маса насіння з однієї рослини m_n , %	93,2–144,7	112,3	12,44	11,1
5	Зігнутість стебел $Z_{ст}$, %	22,7–104,0	54,5	25,05	45,9
6	Кількість рослин з рівним стеблом $Ч_{рс}$, %	2,0–37,0	21	11,0	52,4
7	Вміст деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані до 10 см від сім'ядольних листочків $B_{д1}$, %	16,9–19,4	18,0	0,74	4,1
8	Те ж на відстані 10–20 см від сім'ядольних листочків $B_{д2}$, %	13,2–14,9	14,1	0,46	3,3
9	Вміст деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані 20–30 см від сім'ядольних листочків $B_{д3}$, %	11,6–13,2	12,2	0,35	2,9
10	Вихід волокна з технічної частини стебла $B_{вс}$, %	23,3–33,9	27,4	2,90	10,6

Джерело: розроблено авторами

З табл. 1 видно, що в досліджуваних сортах льону-довгунця маса абсолютно сухого коріння однієї рослини коливалася від 89 до 192 мг за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 138 і 29,3 мг та коефіцієнта варіації розподілу 21,2%. Розподіл частки маси коріння в загальній масі рослин за розмаху варіювання 19,5–32,9% мав середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення відповідно 25,8 і 3,72% за коефіцієнта варіації 14,4%. Мінливість висоти рослин і маси насіння з однієї рослини характеризувалася коефіцієнтами варіації відповідно 8,9 і 11,1%. Мінливість зігнутості стебел і кількості рослин з рівним стеблом характеризувалася значно більшими коефіцієнтами варіації, що мали значення відповідно 45,9 і 52,4%. Вміст деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла із зміщенням його від сім'ядольних листочків ближче до верхівкової частини стебла за дослідженнями зменшувався від 18,0 до 12,2% з одночасним зменшенням коефіцієнта варіації цієї ознаки в досліджуваних сортах льону-довгунця від 4,1 до 2,9%. Вихід волокна з технічної частини стебла в досліджуваних сортах льону-довгунця коливався в межах від 23,3 до 33,9% за коефіцієнта варіації 10,6%.

В дослідженні в якості результативних ознак прийняті визначені характеристики стебел, а в якості факторіальних – частка маси коріння в загальній масі рослин, маса коріння однієї рослини і маса насіння з однієї рослини та висота рослин. Результати кореляційно-регресійного аналізу результативних і факторіальних ознак в дослідженні кореневої системи і характеристик стебел льону-довгунця, прогностичні функції і опрацьовані модельні рівняння регресії результативних ознак на факторіальні наведені в табл. 2. В цій же таблиці наведені значення R^2 -коефіцієнтів, що характеризують міру наближення експериментальних значень досліджуваних результативних ознак до їх вирівняних величин за прогностичною апроксимуючою функцією. Тут же наведені розраховані помилки рівнянь регресії та визначені коефіцієнти детермінації.

Таблиця 2 – Результати кореляційно-регресійного аналізу результативних і факторіальних ознак в дослідженні кореневої системи і характеристик стебел льону-довгунця

Результативна ознака	Коефіцієнт кореляції r	Кореляційне відношення η	Прогностична функція (чисельник) і рівняння регресії (знаменник)	R^2 -коефіцієнт	Помилка рівняння регресії S_y	Коефіцієнт детермінації k_d
1	2	3	4	5	6	7
Факторіальна ознака – частка маси коріння в загальній масі рослин λ_k , %						
Висота рослин h_p , %	0,061	0,069	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $h_p = 109,32 + 0,162 \lambda_k$	0,0037	10,1	0,0035
Маса насіння з однієї рослини m_n , %	0,114	0,141	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $m_n = 102,2 + 0,39 \lambda_k$	0,013	12,4	0,020
Зігнутість стебел $z_{ст}$, %	-0,713	0,722	Спадна степенева $z_{ст} = 85663,86 \lambda_k^{-2,304}$	0,521	17,6	0,521
Кількість рослин з рівним стеблом $ч_{рс}$, %	0,759	0,765	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $ч_{рс} = 2,24 \lambda_k - 36,83$	0,576	7,2	0,585
Вміст деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані до 10 см від сім'ядольних листочків $B_{д1}$, %	0,444	0,435	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $B_{д1} = 15,91 + 0,082 \lambda_k$	0,197	0,7	0,189
Маса коріння однієї рослини $m_{кр}$, мг						
Зігнутість стебел $z_{ст}$, %	-0,706	0,720	Спадна степенева $z_{ст} = 2,2176 m_{кр}^{-1,543}$	0,518	17,4	0,518
Кількість рослин з рівним стеблом $ч_{рс}$, %	0,779	0,787	Сповільнено зростаюча гіпербола $ч_{рс} = 57,82 - 4781,91 / m_{кр}$	0,620	6,8	0,619
Маса насіння з однієї рослини m_n , %						
Зігнутість стебел $z_{ст}$, %	0,013	0,051	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $z_{ст} = 51,55 + 0,026 m_n$	0,00017	25,0	0,0026
Кількість рослин з рівним стеблом $ч_{рс}$, %	-0,071	0,060	Прямолінійна з від'ємним кутовим коефіцієнтом $ч_{рс} = 28,03 - 0,0626 m_n$	0,005	11,0	0,0036
Висота рослин h_p , %						
Зігнутість стебел $z_{ст}$, %	0,102	0,071	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $z_{ст} = 33,1 + 0,187 h_p$	0,0104	25,0	0,005
Кількість рослин з рівним стеблом $ч_{рс}$, %	$-0,264 \cdot 10^{-3}$	$0,264 \cdot 10^{-3}$	Прямолінійна з від'ємним кутовим коефіцієнтом $ч_{рс} = 21,00 - 0,000197 h_p$	$0,7 \cdot 10^{-7}$	11,7	$0,7 \cdot 10^{-7}$

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
Маса насіння з однієї рослини m_n , %	-0,336	0,330	Прямолінійна з від'ємним кутовим коефіцієнтом $m_n = 159,14 - 0,413 h_p$	0,113	11,7	0,109
Вміст деревини в 10-сантиметровому відрізьку стебла на відстані від сім'ядольних листочків:						
до 10 см $B_{д1}$, %	-0,077	0,077	Прямолінійна з від'ємним кутовим коефіцієнтом $B_{д1} = 18,62 - 0,0052 h_p$	$0,590 \cdot 10^{-2}$	0,7	$0,590 \cdot 10^{-2}$
10–20 см $B_{д2}$, %	0,018	0,002	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $B_{д2} = 14,09 + 0,000092 h_p$	$0,324 \cdot 10^{-3}$	0,5	$0,4 \cdot 10^{-5}$
20–30 см $B_{д3}$, %	-0,046	0,046	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $B_{д3} = 11,84 + 0,00316 h_p$	$0,212 \cdot 10^{-2}$	0,3	$0,212 \cdot 10^{-2}$
Вихід волокна з технічної частини стебла $B_{вс}$, %	0,327	0,321	Прямолінійна з додатним кутовим коефіцієнтом $B_{вс} = 16,74 + 0,094 h_p$	0,107	2,7	0,103

Джерело: розроблено авторами

З табл. 2 простежується, що зміна висоти рослин, маси насіння з однієї рослини, кількості рослин з рівним стеблом (%), вмісту деревини в 10-сантиметровому відрізьку стебла на відстані до 10 см від сім'ядольних листочків залежно від частки маси коріння в загальній масі рослин, зігнутості стебел залежно від маси насіння з однієї рослини та зігнутості стебел, вмісту деревини в 10-сантиметровому відрізьку стебла на відстані від сім'ядольних листочків 10–20 і 20–30 см, виходу волокна з технічної частини стебла залежно від висоти рослин описується рівняннями прямолінійної регресії з додатними кутовими коефіцієнтами. Зміна кількості рослин з рівним стеблом (%) залежно від маси насіння з однієї рослини і висоти рослин, а також кількості рослин з рівним стеблом (%) і вмісту деревини в 10-сантиметровому відрізьку стебла на відстані до 10 см від сім'ядольних листочків залежно від висоти рослин описується рівняннями прямолінійної регресії з від'ємними кутовими коефіцієнтами. Зміна зігнутості стебел залежно від маси коріння однієї рослини і частки цієї маси в загальній масі рослин описується рівняннями спадних степеневих функцій. Зміна кількості рослин з рівним стеблом (%) залежно від маси коріння однієї рослини описується рівнянням сповільнено зростаючої гіперболи.

Найбільш тісний кореляційний зв'язок за дослідженнями виявлено між зігнутістю стебел і масою коріння однієї рослини (від'ємна кореляція) з коефіцієнтом кореляції мінус 0,706, між зігнутістю стебел і часткою маси коріння в загальній масі рослин (від'ємна кореляція) з коефіцієнтом кореляції мінус 0,713, між кількістю рослин з рівним стеблом (%) і часткою маси коріння в загальній масі рослин та масою коріння однієї рослини (в обох випадках додатна кореляція) з коефіцієнтами кореляції відповідно 0,759 і 0,779. В досліджуваних зв'язках кореляційні відношення дещо перевищували значення коефіцієнтів кореляції. Менш тісний додатний кореляційний зв'язок виявлено між вмістом деревини в 10-сантиметровому відрізьку стебла на відстані 10 см від сім'ядольних листочків і часткою маси коріння в загальній масі рослин (коефіцієнт кореляції 0,444) та між виходом волокна з технічної частини стебла і висотою рослин (коефіцієнта кореляції 0,327). Від'ємну кореляцію з коефіцієнтом

кореляції мінус 0,336 виявлено між масою насіння з однієї рослини і висотою рослин. В цих досліджуваних зв'язках коефіцієнти кореляції незначно перевищували значення кореляційних відношень результативних ознак по факторіальних. Між масою насіння з однієї рослини і часткою маси коріння в загальній масі рослин виявлений додатний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції 0,114 за кореляційного відношення 0,141. В решті досліджуваних кореляційних зв'язках коефіцієнти кореляції коливалися в межах 0,013–0,102 і мали ще менші значення.

Із з'ясованих модельних рівнянь регресії, що апроксимують зміну результативних ознак від факторіальних, за R^2 -коефіцієнтом, який дорівнює 0,620, найкраще вирівнювання забезпечила апроксимація зміни експериментальних значень кількості рослин з рівним стеблом залежно від маси коріння однієї рослини рівнянням сповільнено зростаючої гіперболи (табл. 2). Помилка цього рівняння становила 6,8%, що значно менше середнього арифметичного значення цієї характеристики стебел, яке становило 54,5% (табл. 1). За значенням коефіцієнта детермінації, що дорівнює 0,619 (табл. 2), варіація зігнутості стебел на 62% причинно зумовлена варіацією маси коріння однієї рослини. За асимптотою гіперболи, яка дорівнює 57,82 (табл. 2), можна дійти висновку, що за рахунок відповідного збільшення кореневої маси рослин можна забезпечити формування стеблостою льону-довгунця перед збиранням, в якому кількість рослин з рівним стеблом сягатиме майже 60%. За такого стеблостою можливе механізоване брання льону-довгунця з наступним використанням засобів механізації на готуванні і збиранні рошенцевої льонотрести.

Апроксимація зміни кількості рослин з рівним стеблом залежно від частки маси коріння в загальній масі рослин рівнянням прямолінійної регресії з додатним кутовим коефіцієнтом забезпечила вирівнювання експериментальних значень кількості рослин з рівним стеблом, за якого $R^2 = 0,576$. При цьому помилка рівняння регресії дорівнювала 7,2%, а коефіцієнт детермінації становив 0,585 (табл. 2). За кутовим коефіцієнтом рівняння прямої (табл. 2) із збільшенням частки маси коріння в загальній масі рослин на 1% кількість рослин з рівним стеблом зростає дещо більше, ніж на 2%.

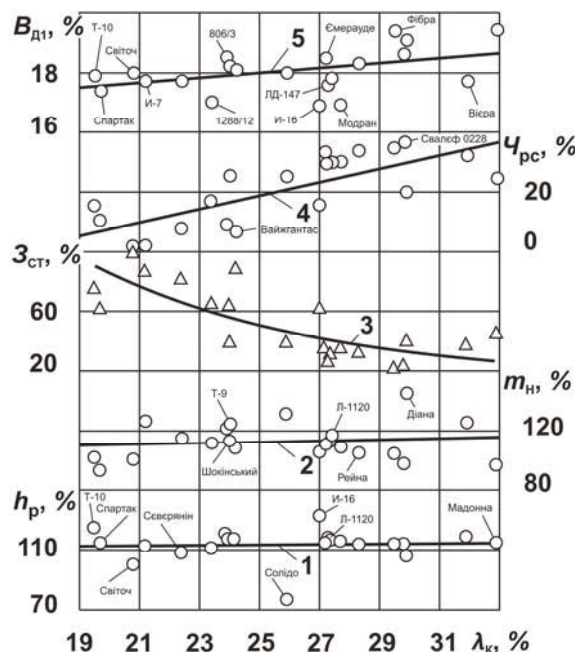
Апроксимація зміни зігнутості стебел залежно від маси коріння однієї рослини і її частки в загальній масі рослин рівняннями спадних степеневих функцій забезпечила вирівнювання експериментальних значень зігнутості стебел з R^2 -коефіцієнтами, що дорівнювали відповідно 0,518 і 0,521 (табл. 2). При цьому помилки апроксимуючих функцій дорівнювали відповідно 17,4 і 17,6% за коефіцієнтів детермінації 0,518 і 0,521.

Для спадної степеневі функції характерна властивість, за якою із збільшенням аргумента (незалежної змінної) функція (залежна змінна) сягає відповідних найменших граничних значень. Граничне значення зігнутості стебел $Z_{\text{ст}}$ можна відшукати з рівняння спадної гіперболи, яку вважають частковим випадком степеневі функції. У разі апроксимації зміни $Z_{\text{ст}}$ залежно від маси коріння однієї рослини $m_{\text{кр}}$ рівнянням гіперболи R^2 -коефіцієнт дорівнює 0,492. Асимптота рівняння гіперболи, яка дорівнює 24,08%, і являє граничне зменшення зігнутості стебел у разі збільшення $m_{\text{кр}}$. Зігнутість стебел сягає асимптотичного значення за маси коріння однієї рослини, що орієнтовно може перевищувати 160 мг. За такої зігнутості стебел стеблостій льону-довгунця може уможливити використання засобів механізації на очісуванні стебел, їх розстиланні в стрічку та виконанні наступних операцій з виробництва льонотрести.

Якщо зміну зігнутості стебел залежно від частки маси коріння в загальній масі рослин $\lambda_{\text{к}}$ подати рівнянням прямолінійної регресії з від'ємним кутовим коефіцієнтом вигляд $Z_{\text{ст}} = 178,37 - 4,80 \lambda_{\text{к}}$ ($R^2 = 0,508$), то за значенням кутового коефіцієнта рівняння регресії із збільшенням $\lambda_{\text{к}}$ на одиницю зігнутість стебел зменшується на 4,8%.

Графічно зміни досліджуваних характеристик стебел льону-довгунця залежно

від частки маси коріння в загальній масі рослин λ_k наведені на рис. 1. Модельні лінії регресії характеристик стебел на факторіальну ознаку побудовані за рівняннями, що представлені в табл. 2. Модельна лінія 1 регресії висоти рослин h_p на λ_k , що оцінюється коефіцієнтом кореляції 0,061, розташовується майже паралельно осі абсцис. За значенням коефіцієнта детермінації вплив λ_k на h_p серед решти впливаючих факторів становить лише 0,35%.



- 1 – висота рослин h_p (%); 2 – маса насіння з однієї рослини m_n (%); 3 – зігнутість стебел $З_{ст}$ (%);
4 – кількість рослин з рівним стеблом $Ч_{рс}$ (%); 5 – вміст деревини в 10-сантиметровому
відрізку стебла на відстані до 10 см від сім'ядольних листочків $B_{п1}$ (%)

Рисунок 1 – Зміна характеристик стебел льону-довгунця залежно від частки маси коріння в загальній масі рослин λ_k , % (характеристики h_p , m_n і $z_{ст}$ наведені у відсотках до сорту Світоч, для якого вказані характеристики прийняті за 100%)

Джерело: розроблено авторами

Моделісна лінія 2 прямолінійної регресії маси насіння з однієї рослини m_n на факторіальну ознаку оцінюється коефіцієнтом кореляції 0,114 і побудована за рівнянням, що наведене в табл. 2. Серед інших недосліджуваних факторів вплив λ_k на m_n оцінюється всього на 2,0%.

Графіки зміни зігнутої стебел $Z_{\text{ст}}$ і кількості рослин з рівним стеблом $Ч_{\text{рс}}$ залежно від λ_k представлені на рис. 1 модельними лініями регресії відповідно 3 і 4. Коротка характеристика цих ліній наведена вище.

Модельна лінія 5 прямолінійної регресії з додатним кутовим коефіцієнтом характеризує кількісну зміну вмісту деревини в 10-сантиметровому відрізку стебла на відстані до 10 см від сім'ядольних листочків $B_{д1}$ залежно від частки маси коріння в загальній масі рослин λ_k і побудована за рівнянням, що наведені в табл. 2. Вірогідність апроксимації $B_{д1}$ залежно від λ_k наведеним в табл. 2 рівнянням оцінюється R^2 -коефіцієнтом, що дорівнює 0,197. За розрахованим коефіцієнтом детермінації варіація $B_{д1}$ на 19% причинно зумовлена варіацією λ_k . Решта не поясненої варіації зумовлена впливом інших факторів, що не розглядали в цьому дослідженні.

В графічному поданні зміна зігнутої стебел $Z_{\text{ст}}$ і кількості рослин з рівним стеблом $Ч_{\text{рс}}$ залежно від маси коріння однієї рослини $m_{\text{кр}}$ і маси насіння з однієї рослини $m_{\text{н}}$ наведена на рис. 2.

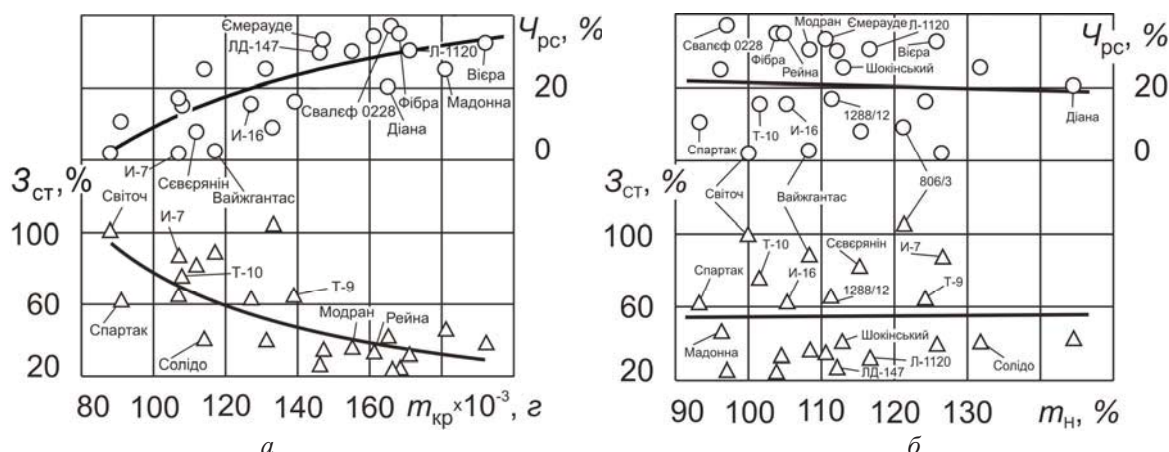


Рисунок 2 – Зміна (а) зігнутості стебел $Z_{ст}$ (%) і кількості рослин з рівним стеблом $Ч_{рс}$ (%) залежно від маси абсолютно сухого коріння $m_{кр}$ (г) однієї рослини льону-довгунця та вплив (б) маси насіння m_n (%) з однієї рослини на зігнутість стебел $Z_{ст}$ (%) і кількість рослин з рівним стеблом $Ч_{рс}$ (%)

Джерело: розроблено авторами

Зміну $Z_{ст}$ і $Ч_{рс}$ залежно від $m_{кр}$ (рис. 2, а) охарактеризовано вище. Тепер що стосується зміни $Z_{ст}$ і $Ч_{рс}$ залежно від маси насіння з однієї рослини m_n . Кореляційні поля досліджуваних результативних і факторіальної ознак та модельні лінії прямолінійної регресії $Z_{ст}$ і $Ч_{рс}$ на m_n наведені на рис. 2, б. Вказані модельні лінії побудовані за опрацьованими рівняннями регресії, що наведені в табл. 2. Модельна лінія прямолінійної регресії $Z_{ст}$ на m_n описує рівняння прямої з додатним кутовим коефіцієнтом. За незначного коефіцієнта кореляції між $Z_{ст}$ і m_n , що дорівнює 0,013, аналізована модельна лінія розташовується майже паралельно осі абсцис. Про таке розташування модельної лінії регресії свідчать і значення кутового коефіцієнта рівняння прямої, який дорівнює 0,026. Та і значення R^2 -коефіцієнта надто-надто мале, що дорівнює 0,00017, а за значенням коефіцієнта детермінації вплив m_n на $Z_{ст}$ оцінюється всього на 0,26%.

Модельну лінію $Ч_{рс}$ на m_n (рис. 2, б) описує рівняння прямолінійної регресії з від'ємним кутовим коефіцієнтом 0,0626, за значенням якого із збільшенням маси насіння з однієї рослини на 10% кількість рослин з рівним стеблом зменшується на 0,6%. За значенням коефіцієнта кореляції між $Ч_{рс}$ і m_n , що дорівнює мінус 0,071, варіація маси насіння з однієї рослини лише на 0,36% причинно зумовлює варіацію кількості рослин з рівним стеблом.

Модельні лінії прямолінійної регресії зігнутості стебел $Z_{ст}$, кількості рослин з рівним стеблом $Ч_{рс}$ і маси насіння з однієї рослини m_n та вмісту деревини B_d в 10-сантиметровому відрізку стебла на різній відстані від сім'ядольних листочків і виходу волокна $B_{вс}$ з технічної частини стебла на висоту рослин h_p показані на рис. 3. Модельні лінії регресії побудовані за рівняннями, що наведені в табл. 2. Із збільшенням висоти рослин h_p (рис. 3, а) зігнутість стебел $Z_{ст}$ дещо зростає, кількість рослин з рівним стеблом $Ч_{рс}$ має тенденцію за незначним від'ємним коефіцієнтом кореляції ($-0,264 \cdot 10^{-3}$) до зменшення, а маса насіння з однієї рослини m_n зменшується. Модельна лінія регресії $Ч_{рс}$ на h_p розташовується майже паралельно осі абсцис.

Список літератури

1. Фоменко Л.Д. Вирівняний льон. Київ: Урожай, 1967. 128 с.
2. Городний Н.Г., Устименко А.С., Шевчук А.Я., Гаврилов Г.Г. Формирование корневой системы льна-долгунца при различных способах обработки почвы. *Повышение урожайности и качества льна*. Житомирский сельскохозяйственный институт: науч. труды. Киев, 1969. Т. 19. С. 49–52.
3. Чиков В.И. Восстановление плодородия почв должно начинаться с увеличения массы корневой системы растений. *Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения*. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти ученых: Анны Ивановны Горбыленой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова / редкол.: Т.Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. Горки. 18–20 декабря 2018 г. Горки: БГ СХА, 2019. Ч. 1. С. 188–190.
4. Бачялис К. Устойчивость сортов льна против полегания. *Лен и конопля*. 1974. № 9. С. 24–25.
5. Дьяконов Н.А. К вопросу определения относительного содержания волокна во льне по его наружным морфологическим признакам. *Журнал опытной агрономии им. П.С. Коссовича. Государственный институт опытной агрономии*. Ленинград : Изд. Государственного института опытной агрономии, 1928. Т. 24. Кн. 1. С. 5–25.
6. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
7. Методика статистической обработки эмпирических данных. РТМ 44–62. Москва : Изд-во стандартов, 1966. 100 с.
8. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учеб. пособ. Москва : Изд-во Московского университета, 1972. 292 с.
9. Рыжов П.А. Математическая статистика в горном деле: учеб. пособ. для студ. вузов по спец. «Маркшейдерское дело». Москва : Высшая школа, 1973. 287 с.
10. Уланова Е.С., Забелин В.Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии: монография. Ленинград : Гидрометеиздат, 1990. 208 с.
11. Limont A., Sheichenko V., Tolstushko M., Tolstushko N. The technologies of fiber flax harvesting their production efficiency and the prerequisites of their technological substantiation. *American Journal of Science and Technologies*. Princeton Univesity Press, 2016. № 1 (21). Vol. III. January – June. P. 878–895.

References

1. Fomenko, L.D. (1967). *Vyrivnaniy l'on [Aligned linen]*. Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
2. Gorodnij, N.G., Ustimenko, A.S., Shevchuk, A.Ja. & Gavrilov, G.G. (1969). Formirovanie kornevoj sistemy l'na-dolgunca pri razlichnyh sposobah obrabotki pochvy [Formation of the root system of fiber flax with various methods of tillage.]. *Povyshenie urozhajnosti i kachestva l'na – Increasing the yield and quality of flax*, Vol. 19, 49–52 [in Russian].
3. Chikov, V.I. (2019). Vosstanovlenie plodorodija pochv dolzhno nachinat'sja s uvelichenija massy kornevoj sistemy rastenij. Methods for improving soil fertility and fertilizer efficiency: *Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashhennoj pamjati uchenyh: Anny Ivanovny Gorbylenoj, Jurija Pavlovicha Sirochina i Vadima Ivanovicha Tjul'panova (18–20 dekabrja 2018 g.) – International Scientific and Practical Conference, dedicated to the memory of scientists: Anna Ivanovna Gorbylena, Yuri Pavlovich Sirochin and Vadim Ivanovich Tyulpanov* (pp. 188–190). T.F. Persikova (Ed.) . Gorki : BG SHA.
4. Bachjalis, K. (1974). Ustojchivost' sortov l'na protiv poleganiya [Resistance of flax varieties against lodging]. *Len i konoplja – Linen and hemp*, 9, 24–25 [in Russian].
5. D'jakonov, N.A. (1928). K voprosu opredelenija otnositel'nogo sodержaniya volokna vo l'ne po ego naruzhnyh morfolozicheskim priznakam [On the issue of determining the relative content of fiber in flax by its external morphological features]. *Zhurnal opytnoj agronomii im. P.S. Kossovicha – Journal of Experimental Agronomy. P.S. Kossovich* , Vol. 24, in 1, 5–25 [in Russian].
6. Lykhochvor, V.V. & Petrychenko, V.F. (2006). *Roslynnytstvo. Suchasni intensyvni tekhnolohii vyroschuvannia osnovnykh pol'ovykh kul'tur [Plant growing. Modern intensive technologies of cultivation of the main field crops]*. L'viv: NVF «Ukrains'ki tekhnolohii» [in Ukrainian].
7. Metodika statisticheskoy obrabotki jempiricheskikh dannyh [Method of statistical processing of empirical data]. (1966). *RTM 44–62*. Moskva : Izd-vo standartov [in Russian].
8. Dmitriev, E.A. (1972). *Matematicheskaja statistika v pochvovedenii [Mathematical statistics in soil science]*. Moskva : Izd-vo Moskovskogo universiteta [in Russian].
9. Ryzhov, P.A. (1973). *Matematicheskaja statistika v gornom dele [Mathematical statistics in mining]*. Moskva : Vysshaja shkola [in Russian].

10. Ulanova, E.S. & Zabeli, V.N. (1990). *Metody korreljacionnogo i regressionnogo analiza v agro-meteorologii* [Methods of correlation and regression analysis in agro-meteorology]. Leningrad : Gidrometeoizdat [in Russian].
11. Limont, A., Sheichenko, V., Tolstushko, M. & Tolstushko, N. (2016). The technologies of fiber flax harvesting their production efficiency and the prerequisites of their technological substantiation. *American Journal of Science and Technologies*. Princeton Univesity Press, № 1 (21). Vol. III. January – June. P. 878–895 [in English].

Anatoliy Limont, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Zhytomyr Agrotechnical Collede, Zhytomyr, Ukraine

Zlata Limont, student

Dnipro National University named after Oles Honchar, the city of Dnipro, Ukraine

Root System of Plants and Characteristics of Stalks of Flax

The aim of the article was to study the characteristics of long flax stalks depending on the mass of roots of one plant and its share in the total mass of plants. The characteristics of the stems are the height of plants, seed weight per plant, curvature of stems, number of plants with flat stems (%), wood content in a 10-centimeter segment of the stem at a distance of cotyledons up to 10 cm, 10-20 and 20 -30 cm, as well as the output of the fiber from the technical part of the stem.

The range of variation of the mass of absolutely dry roots of one plant ranged from 89 to 192 mg for arithmetic mean and standard deviation of 138 and 29.3 mg, respectively, and the coefficient of variation of the empirical distribution of root mass of one plant of the analyzed long flax varieties 21.2%. The share of root mass in the total mass of plants ranged from 19.5 to 32.9%. The main statistical indicators of empirical distributions of the found out characteristics of stalks of flax plants have been determined.

Based on correlation-regression analysis of experimental data on the mass of roots of one long flax plant and the studied characteristics of stems, which are given in the literature, it was found that the change in plant height, seed weight per plant, number of plants with flat stems (%) , wood content in a 10-cm segment of the stem at a distance of 10 cm from the cotyledons depending on the proportion of root mass in the total mass of plants, stem curvature depending on the weight of seeds from one plant and stem curvature, wood content in a 10-cm stem segment at a distance of 10–20 and 20–30 cm from the cotyledons, the fiber output from the technical part of the stem, depending on the height of the plants, is described by rectilinear regression equations with positive angular coefficients. Change in the number of plants with flat stems (%) depending on the weight of seeds per plant and plant height, as well as the number of plants with flat stems (%) and wood content in a 10-cm section of stem at a distance of 10 cm from cotyledons depending on from the height of plants is described by the equations of rectilinear regression with negative angular coefficients. The change in the curvature of stems depending on the mass of the roots of one plant and the share of this mass in the total mass of plants is described by the equations of decreasing power functions. The change in the number of plants with a flat stem (%) depending on the root mass of one plant is described by the equation of slow-growing hyperbola.

The closest correlation between studies was found between stem curvature and root mass of one plant (negative correlation) with a correlation coefficient of minus 0.706, between stem curvature and the share of root mass in total plant mass (negative correlation) with a correlation coefficient of minus 0.713, between the number of plants with a flat stem (%) and the share of root mass in the total mass of plants and the mass of roots of one plant (in both cases a positive correlation) with correlation coefficients of 0.759 and 0.779, respectively. In the studied relationships, the correlation ratios slightly exceeded the values of the correlation coefficients. A less close positive correlation was found between the wood content in a 10 cm section of the stem at a distance of 10 cm from the cotyledons and the share of root mass in the total mass of plants (correlation coefficient 0.444) and between fiber yield from the technical part of the stem and plant height (correlation coefficient 0.327). A negative correlation with a correlation coefficient of minus 0.336 was found between seed weight per plant and plant height. In these studied relationships, the correlation coefficients slightly exceeded the values of the correlation relations of the performance factors by factorial ones. A positive correlation with a correlation coefficient of 0.114 with a correlation ratio of 0.141 was found between the mass of seeds from one plant and the share of root mass in the total mass of plants. In the rest of the correlations studied, the correlation coefficients ranged from 0.013 to 0.102 and were even smaller.

The results of the research can be used in designing the technological process of growing flax, choosing tools for basic tillage and elaboration of technological and operational regulations for the use of mechanization in the preparation and harvesting of Roshen flaxseed.

flax, plant, roots, aboveground part, stem, mass, characteristics of stems, connection

Одержано (Received) 26.01.2022

Прорецензовано (Reviewed) 09.02.2022

Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022