

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ ПРИ СТИСКУ

Е. Б. Алієв^{1,2}, К. В. Ведмедєва¹, Т. В. Махова¹

¹ Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

² Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Знання характеристик міцності насіння при стиску є необхідним для раціонального проектування ефективної системи лушення та оптимізації процесу і параметрів продукту. Метою дослідження було визначення закономірностей сили руйнування насіння соняшнику різних сортів при стисканні від їх інших морфологічних властивостей. Результати показали, що сила руйнування насіння F не залежить явно від розташування насінини в кошику (коефіцієнт варіації не перевищує 0,132), тому можна використовувати середні значення по всьому кошику для подальших досліджень. Виявлено, що значення сили руйнування лушпиння насіння F варіюються серед різних зразків, що дозволяє умовно розділити їх на три групи міцності: перша (більше 50 Н: Прометей, Білочка, Запорізький кондитерський і 160в), друга (30–50 Н: 162бп1, 3Л50А, 3Л169А, 3Л54А, 174д, СХ75А, 178а, 174е, 168а, 168б, 175бп1) і третя (до 30 Н: 168в, 340в, 164г, КП11А, 162в, 165ар2). Встановлено кореляцію між силою руйнування лушпиння насіння F і лушпинністю ω у вигляді лінійної залежності $F = 189,37\omega - 25,713$ (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8823$). Тобто, міцність насіння можна визначати за їх лушпинністю. Встановлено, що ліквідними для виробників харчової галузі є зразки соняшника, які знаходяться в другій і третій групах. Однак враховуючі визначені морфологічні і біохімічні властивості насіння зразків зазначених груп подальшу селекцію краще зосередити на зразках, які знаходяться на межі другої та першої груп (160в, 162бп1). Третя група також може представляти інтерес в якості матеріалу для схрещування (168в, 340в, 164г, КП11А, 162в, 165ар2).

Ключові слова: соняшник, насіння, кошик, розподіл, міцність, сила руйнування лушпинності, залежність.

Вступ. Насіння соняшнику (*Helianthus annuus* L.) вважається важливою олійною культурою, оскільки містить у великій кількості високопоживну олію (Adeleke et al, 2020). Оболонка, яка становить від 20 % до 45 % насіння, в залежності від сорту (гібриду), містить в основному клітковину, незначну кількість жиру та інші речовини (Papchenko et al, 2017; Heuzé et al, 2018; Maj et al, 2017). В Україні олію механічно віджимають з цільного насіння соняшнику. Однак цей процес страждає деякими недоліками. Лушпиння насіння спричиняє швидкий знос техніки. Це також знижує харчову цінність знежиреного шроту та зменшує потенційний вихід олії. Згідно досліджень (Le Clef et al, 2015; Aliiev et al, 2017; Aliiev et al, 2022), лушення насіння з подальшим механічним віджиманням олії з ядра може покращити якість як олії, так і знежиреної макухи (низький вміст клітковини та високий вміст білка), а також зменшити кількість фузу при очищенні олії.

Знання характеристик міцності як насіннєвого лушпиння, так і ядра при стиску є необхідним для раціонального проектування ефективної системи



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0

*Corresponding author

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

лущення, а також оптимізації процесу і параметрів продукту. Інформація про характеристики руйнування багатьох сільськогосподарських насінин є (Jiacheng et al, 2022; Petru et al, 2014; Shahbazi et al, 2018), але про насіння соняшнику відомо дуже мало.

В дослідженнях (Manikantan et al, 2014) було визначено вплив вмісту вологи на силу та енергію, необхідні для руйнування насіння соняшнику та його ядра при стисненні. Початкову силу розтріскування, середню силу розриву і енергію розриву досліджували з чотирма різними рівнями вологості (6–18 %). Отримані результати показали, що початкова сила розтріскування та середня сила розриву лінійно зменшувалися зі збільшенням вмісту вологи як для насіння соняшнику, так і для ядра. Однак було виявлено, що енергія розриву лінійно зростає для насіння та ядра з вмістом вологи. Значення всіх досліджуваних ознак були вищими для насіння, ніж для ядра за всіх рівнів вологості.

В роботі (Jafari et al, 2011a) вивчено деякі фізико-механічні властивості насіння соняшнику. Об'єктом дослідження був сорт Шамширі, вимірювання проводилось в діапазоні вологості від 6,3 до 20 %. Встановлено середню силу руйнування, деформація та енергія поглинання насіння соняшнику при стисненні, а також ступінь фізичного пошкодження насіння внаслідок удару. Більш детально розглянуті ці дослідження в роботі (Jafari et al, 2011b). Середня стискаюча сила, необхідна для руйнування насіння, становила 43,36 Н для вертикальної та 27,37 Н для горизонтальної орієнтації навантаження. Результати надають інженерам корисну інформацію для розробки відповідної машини для лушення насіння соняшнику.

Однак представлені дослідження не враховують генетичні властивості соняшнику, тобто сортові (гібридні) особливості насіння.

Такий параметр, як сила, необхідна для руйнування лушпиння насінини, досить складний. Його вимірюванням селекціонери не займалися. Найбільше селекційних та генетичних досліджень присвячено вивченню частки лушпиння у насінні (Lytyaga, 2019; Kutishcheva et al, 2020). Для цього розроблено стандарти та відповідні методики. Як з'ясовано науковцями, лушпинність насіння суттєво залежить від умов вирощування та від генотипу, має складне полігенне успадкування.

Тому метою досліджень є визначення закономірностей сили руйнування насіння соняшнику різних сортозразків при стисканні від їх інших морфологічних властивостей.

Матеріали і методи досліджень. Визначення сили руйнування насіння відбувалось в декілька етапів. Перший етап – насіння розміщують у необхідному положенні (рис. 3, а) на рівну горизонтальну поверхню робочого столу в зону під індентором циліндричної форми (діаметр – 20 мм), закріпленому на тензодатчику, що переміщується у вертикальній площині. Тензодатчик із закріпленням на ньому індентором повинен бути відкалібрований і в стані спокою відповідати зусиллю 0 Н. Другий етап – індентор рівномірно і прямолінійно зі швидкістю 10 мм/с з верхньої точки починає опускатися вниз. При досягненні насіння зусилля на тензодатчику починає збільшуватися від 0 Н. Цей момент фіксується як початок процесу вимірювання. Після чого визначається геометричний розмір насіння X за умови, що робочий стіл відповідає початку координат 0 мм. Третій етап – під час процесу вимірювання визначається зусилля стискання F – рис. 3, б. По

досягненню моменту зниження значення сили F фіксується значення сила руйнування лушпиння насіння $F_{\max}$.

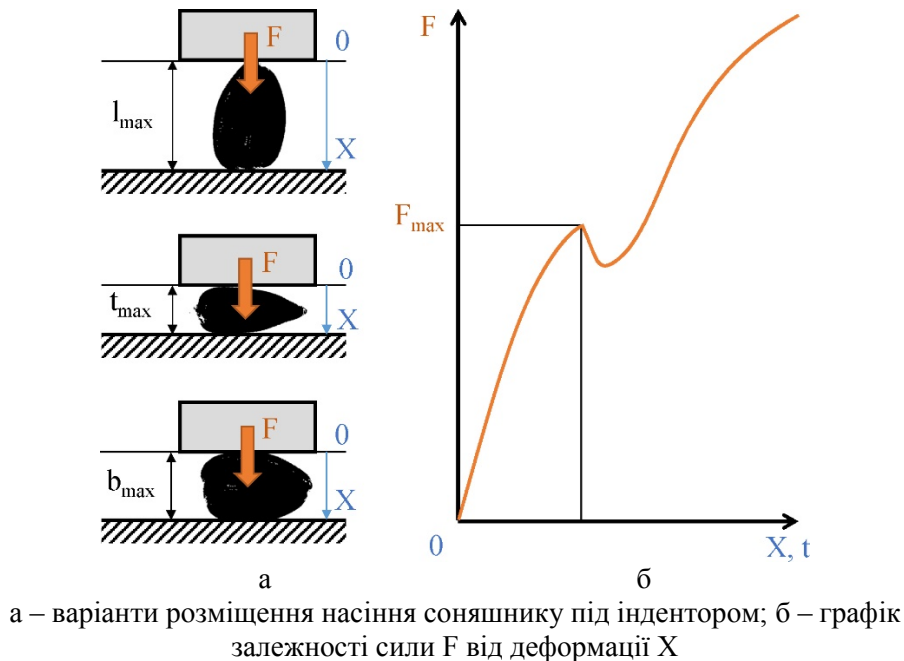


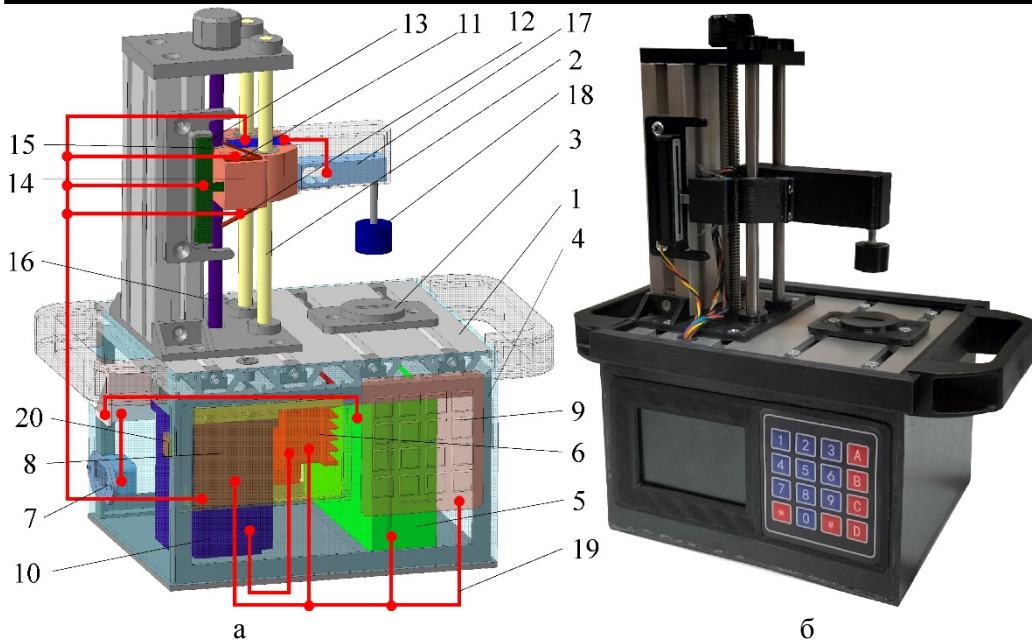
Рис. 1. Процес визначення реологічних властивостей насіння

Для реалізації процесу визначення сили руйнування лушпиння насінни використано розроблений модуль, конструктивно-технологічна схема і загальний вигляд якого представлені на рис. 2.

Лушпинність насіння ω визначали, як масову долю плодових оболонок в загальній масі насіння.

Для дослідів було залучено 21 зразок соняшнику (ЗЛ50А, ЗЛ169А, ЗЛ54А, КП11А, СХ75А, 160в, 340в, 162в, 178а, 165ар2, 164г, 174д, 175бп1, 174е, 168б, 168а, 162бп1, 168в, Білочка, Прометей, Запорізькій кондитерський), які вирощені в однакових умовах. Кількість досліджуваних рослин кожного зразка (повторність) – 15. Ділянки для вирощування були закладені на дослідному полі Інституту олійних культур НААН Запорізького району Запорізької області (північно-західна частина), який розташований у південній підзоні Степу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний, середньопотужний малогумусний, з вмістом гумусу в орному шарі до 30 см – 3,5 %, доступного азоту – 7,2–8,5, рухомого фосфору – 9,6–10,3, рухомого калію – 15,2–16,9 мг/100 г ґрунту, рН ґрунтового розчину 6,5–7,0. Попередник – зернові, основний обробіток ґрунту – оранка на глибину 22–25 см, глибина загортання насіння – 3–4 см. Час посіву – травень, час збору – вересень 2023.

Планування, організацію та проведення польових досліджень проводили згідно з рекомендацій (Dospikhov, 1989). Статистичний обробіток дослідних даних проведено згідно загальноприйнятих методик (Kiselyov et al, 2017).



а б

1 – станина; 2 – напрямна; 3 – робочий стіл; 4 – корпус; 5 – блок живлення;
6 – контролер крокового двигуна (TB6600); 7 – розетка з вимикачем; 8 – блок керування з LCD-дисплеєм (Arduino MEGA 2560 + 3.5 Inch TFT Color Display 320x480 Screen); 9 – клавіатура; 10 – кроковий двигун; 11 – верхній кінцевий вимикач; 12 – нижній кінцевий вимикач; 13 – лінійний змінний резистор; 14 – коректа; 15 – гайка; 16 – гвинт; 17 – тензодатчик; 18 – індентор; 19 – електричні проводи; 20 – USB-вихід для з'єднання з особистим комп'ютером

Рис. 2. Конструктивно-технологічна схема (а) і загальний вигляд (б) модуля визначення реологічних властивостей насіння

Результати досліджень та їхнє обговорення. Згідно попередніх досліджень (Aliiev et al, 2023) розподіл насінин у кошику для різних зразків соняшнику (КП11А, КП11Б, 178а×238р4, 178а×238р2, 178а×238р1, 174д, 165Вр1) можна представити у вигляді спіралі Ферма. Тому для кожної повторності були відібрані насінини в кошику у відповідності до рис. 3, а. Відсутність насіння у спіралі кошика деяких зразків соняшнику обумовлюється генетичними особливостями і умовами вирощування (Aliiev et al, 2023). Найбільша кількість насінин у спіралі кошика (10 шт) спостерігалась для ЗЛ50А, ЗЛ169А.

В результаті лабораторних досліджень встановлено розподіл сили руйнування лушпиння насіння у кошику різних зразків соняшнику (рис. 3, б). Дані отримані як середні значення повторностей. Провівши розрахунок коефіцієнту варіації сили руйнування для кожної насінини в спіралі встановлено, що він не перевищує 0,132. Це дає змогу стверджувати про відсутність явної закономірності між силою руйнування і розташуванням насінин в кошику. Тому в подальших дослідженнях можна використовувати середнє значення по всьому кошику і відповідне відхилення.

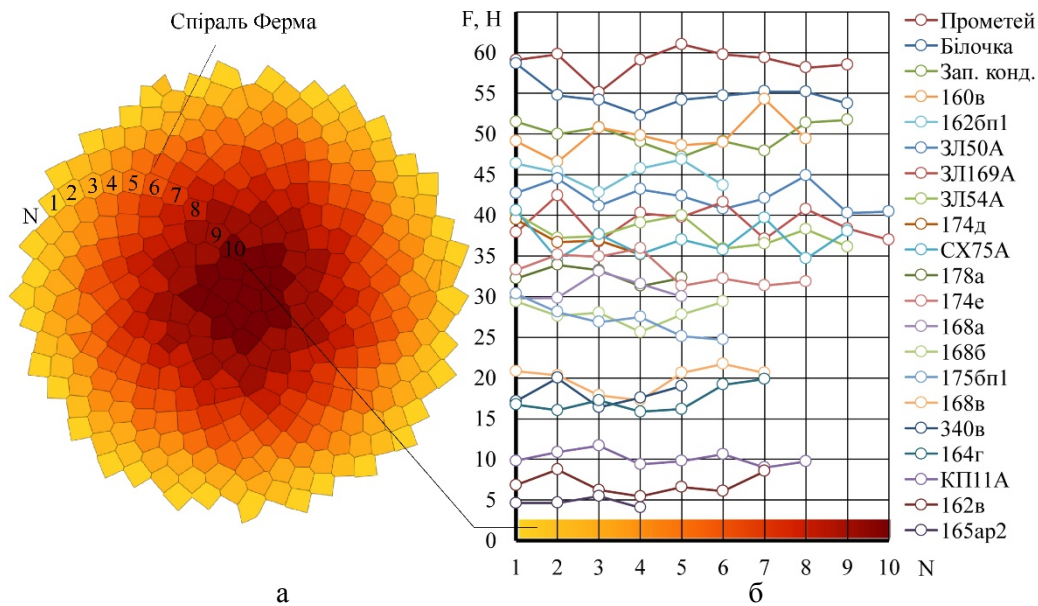


Рис. 3. Розподіл сили руйнування лушпиння насіння F кошику різних зразків соняшнику

Усереднені дані сили руйнування лушпиння насіння F для різних зразків зведені в таблицю 1. Гіпотетично одним з параметрів, який може корелювати із силою F може бути лушпинність насіння ω . Тому в таблиці 1 наведе і результати вимірювання лушпинності насіння ω у відносних одиницях вимірювання.

Таблиця 1
Середні значення і відхилення сили руйнування лушпиння насіння F і його лушпинності ω різних зразків соняшнику (2023)

Зразок	F, H	ω	Зразок	F, H	ω	Зразок	F, H	ω
Прометей	58,9 $\pm 2,1$	0,42 $\pm 0,01$	3Л54А	37,9 $\pm 2,0$	0,31 $\pm 0,01$	175бп1	27,1 $\pm 2,6$	0,33 $\pm 0,02$
Білочка	54,8 $\pm 2,1$	0,39 $\pm 0,02$	174д	37,1 $\pm 2,2$	0,37 $\pm 0,02$	168в	19,9 $\pm 2,1$	0,24 $\pm 0,01$
Зап. конд.	49,8 $\pm 2,0$	0,36 $\pm 0,01$	СХ75А	37,0 $\pm 2,7$	0,27 $\pm 0,02$	340в	18,0 $\pm 1,8$	0,22 $\pm 0,02$
160в	49,7 $\pm 2,8$	0,38 $\pm 0,01$	178а	32,6 $\pm 1,3$	0,31 $\pm 0,01$	164г	17,3 $\pm 2,0$	0,25 $\pm 0,01$
162бп1	45,1 $\pm 2,0$	0,4 $\pm 0,02$	174е	33,3 $\pm 2,3$	0,31 $\pm 0,02$	КП11А	10,1 $\pm 1,1$	0,2 $\pm 0,01$
3Л50А	42,2 $\pm 2,0$	0,37 $\pm 0,02$	168а	30,9 $\pm 1,8$	0,34 $\pm 0,02$	162в	6,9 $\pm 1,6$	0,15 $\pm 0,01$
3Л169А	39,2 $\pm 2,6$	0,35 $\pm 0,02$	168б	28,0 $\pm 1,7$	0,31 $\pm 0,01$	165ар2	4,7 $\pm 0,7$	0,17 $\pm 0,01$

Примітка: відмінності між варіантами достовірні при $p < 0,05$

Для наочного представлення результатів досліджень проведено сортування даних за значеннями сили руйнування лушпиння насіння F різних зразків соняшнику і побудовано відповідну гістограму (рис. 4). З рис. 4 видно, що найбільше значення сили руйнування характерно для сортів Прометей ($58,9 \pm 2,1$ Н), Білочка ($54,8 \pm 2,1$ Н) і Запорізькій кондитерській ($49,8 \pm 2,0$ Н). Наближеними до них є зразок лінії 160в ($49,7 \pm 2,8$ Н). Умовно їх можна віднести до першої групи міцності лушпиння насіння. До другою групи міцності лушпиння насіння можна віднести зразки 162бп1, 3Л50А, 3Л169А, 3Л54А, 174д, СХ75А, 178а, 174е, 168а, 168б, 175бп1, сила руйнування яких знаходиться в діапазоні 30–50 Н. І до третьої групи міцності віднесемо зразки 168в, 340в, 164г, КП11А, 162в, 165ар2.

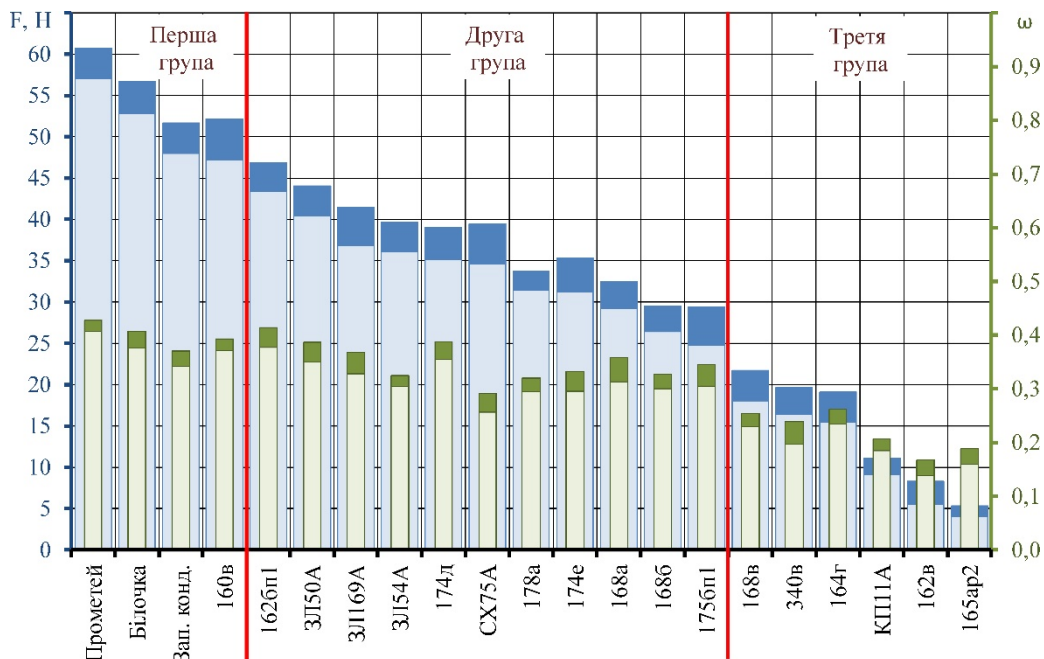


Рис. 4. Гістограма середніх значень сили руйнування лушпиння насіння F і його лушпинності ω різних зразків соняшнику

Також на рис. 4 відмічені значення лушпинності насіння ω різних зразків соняшнику. Характер зміни лушпинності ω відповідає характеру зміни сили руйнування F . Тому знайдемо кореляційну залежність між цими двома показниками. Для цього розмістимо на координатній площині $FO\omega$ значення таблиці 1 із уханням відповідних відхилень (рис. 4). Апроксимація нанесених на графік даних призводить до лінійної залежності, яку можна представити у наступному вигляді:

$$F = 189,37\omega - 25,713. \quad (1)$$

Коефіцієнт детермінації залежності (1) складає $R^2 = 0,8823$, що є достатньо високим в селекції (Kiselyov et al, 2017). Також з рис. 4 видно, що при великих значеннях сили руйнування, тобто для першої і другої групи міцності, спостерігається більший розкид даних. Це можна пояснити достатньо великим

відхиленням для сили руйнування F , який може досягати в абсолютному значенні до 2 Н (3,4 %).

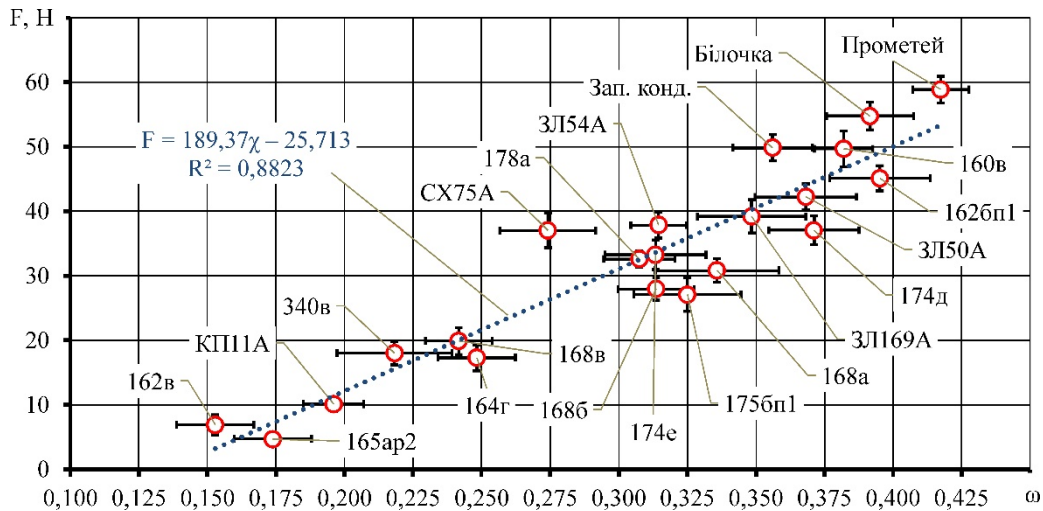


Рис. 5. Залежність сили руйнування лушпиння насіння F від його лушпинності ω різних зразків соняшнику

В зв'язку з тим, що виробники харчової галузі вимагають сортове насіння, яке краще розлушується, то ліквідними є зразки, які знаходяться в другій і третій групах. Однак враховуючі визначені морфологічні (розмір, масу 1000 насінин, колір тощо) і біохімічні (олійність, жирнокислотний склад олії, вміст білку, клейковини тощо) властивості насіння зразків зазначених груп (Vedmedeva, 2023), подальшу селекцію краще зосередити на зразках, які знаходяться на межі другої та першої груп. Третя група також може представляти інтерес в якості матеріалу для схрещування.

Порівнюючи отримані результатами із даними літературних джерел (Manikantan et al, 2014; Jafari et al, 2011a; Jafari et al, 2011b) можна стверджувати про доповнення їх у області досліджень міцності насіння соняшника при стиску.

Висновки. Результати досліджень показали, що сила руйнування насіння F не має явної залежності від розташування насінини у кошику (коефіцієнту варіації не перевищує 0,132), тому можна використовувати її середні значення по всьому кошику для подальших досліджень.

Було виявлено, що значення сили руйнування лушпиння насіння F різних зразків варіюється. Тому умовно їх можна розділити на три групи міцності: перша (більше 50 Н: Прометей, Білочка, Запорізькій кондитерський і 160в), друга (30–50 Н: 162бп1, ЗЛ50А, ЗЛ169А, ЗЛ54А, 174д, CX75А, 178а, 174е, 168а, 168б, 175бп1) і третя (до 30 Н: 168в, 340в, 164г, КП11А, 162в, 165ар2).

Встановлено кореляцію сили руйнування лушпиння насіння F і її лушпинності ω у вигляді лінійної залежності $F = 189,37\omega - 25,713$ (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,8823$). Тобто міцність насіння у першому наближенні можна визначати за їх лушпинністю.

Встановлено, що ліквідними для виробників харчової галузі є зразки соняшника, які знаходяться в другій і третій групах. Однак враховуючі визначені

морфологічні і біохімічні властивості насіння зразків зазначених груп подальшу селекцію краще зосередити на зразках, які знаходяться на межі другої та першої груп (160в, 162бп1). Третя група також може представляти інтерес в якості матеріалу для схрещування (168в, 340в, 164г, КП11А, 162в, 165аp2).

References

Aliiev EB, Mykolenko SYu, Sova NA, Aliieva OY, Malegin RD, Lupko KO, Linko MO, Gez YV, Bezugla LS (2022). Technical and technological support of waste-free processing of grain raw materials into food products and fodder: collective monograph / by general. ed. E. B. Aliiev. Dnipro: LIRA. 192 p

Aliiev EB, Patsula OM, Hrytsenko VT (2017) Technology of complex waste-free processing of cake from oilseeds to obtain high-quality complete protein supplements in the form of pellets and solid biofuel: Scientific and methodological recommendations. Institute of Oil Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Electronic analogue of the printed edition (e-book). Zaporizhzhia: STATUS. 96 p

Aliiev EB, Vedmedeva KV (2023). Mathematical model of placement of sunflower seeds in a basket. Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences, 34: 15–23. DOI: 10.36710/IOC-2023-34-02

Adeleke BS, Babalola OO (2020) Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. Food Science & Nutrition. (9): 4666–4684. DOI: 10.1002/fsn3.1783

Dospekhov BA (1989) Methodology of field experience. M.: Kolos. 335 p.

Heuzé V, Tran G, Hassoun P, Lessire M, Lebas F (2018). Sunflower hulls and sunflower screenings. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://feedipedia.org/node/733>

Jafari S, Khazaei J, Arabhosseini A, Massah J, Khoshtaghaza MH (2011a) Study on mechanical properties of sunflower seeds. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 14(1): #06

Jafari S, Khazaei J, Arabhosseini A, Massah J, Khoshtaghaza MH (2011b) Effects of some parameters on fracture resistance of sunflower seed. Cercetări Agronomice în Moldova. XLIV, 3 (147): 5–12. DOI: 10.2478/v10298-012-0037-2

Jiacheng Y, Xingyu W, Qingxi L, Daxin G, Wenli X, Jia Y (2022) Mechanical compression characteristics of rapeseed based on continuous damage theory. Biosystems Engineering. 224: 301–312. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2022.10.008.

Kiselyov OV, Komarova IB, Milko DO, Bakardzhiev RO (2017). Statistical processing and design of the results of experimental studies (from the experience of writing dissertations): Study guide. In general ed. D. O. Milka; Institute of Animal Husbandry Mechanization of the National Academy of Sciences. Electronic analogue of the printed edition (e-book). Zaporizhzhia: STATUS. 1181 p

Kutishcheva NM, Odyneets SI, Shudrya LI (2020). Comparative assessment of economic and valuable traits in new sunflower hybrids of IOC selection. Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences. 29: 78–91. DOI: 10.36710/ioc-2020-29-08

Le Clef E, Kemper T (2015) 8 - Sunflower Seed Preparation and Oil Extraction. Editor(s): Martínez-Force E, Dunford NT, Salas JJ. Sunflower. AOCS Press. 187–226. DOI: 10.1016/B978-1-893997-94-3.50014-3

Lytyaga OYu (2019) The influence of seed material fraction on quality parameters of sunflower seeds. Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences. 27: 69–78. DOI: 10.36710/ioc-2019-27-08

Maj G, Krzaczek P, Kuranc A, Piekarski W (2017) Energy properties of sunflower seed husk as industrial extrusion residue. 21(1): 77–84. DOI: 10.1515/agriceng-2017-0008

Manikantan MR, Selvam AT, Chand T, Sharma R, Sharma SR, Balakrishnan M (2014) Fracture Resistance Behavior of Sunflower (var. Co 2) Seed and Kernel Under Compression Loading. Madras Agric. J. 101(4–6): 189–192

Papchenko V, Matveeva T, Belinska A, Rudniev V, Zviahintseva O, Cherevichna N (2017) Investigation of anthocianins availability in sunflower seed husks. Technology Audit and Production Reserves. 4(3(36): 31–34. DOI: 10.15587/2312-8372.2017.108369

Petru M, Novak O, Herak D, Mašin I, Lepšík P, Hrabě P (2014) Finite element method model of the mechanical behaviour of *Jatropha curcas* L. bulk seeds under compression loading: Study and 2D modelling of the damage to seeds. Biosystems Engineering. 127: 50–66. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2014.08.011

Shahbazi F, Shahbazi R (2018) Mechanical damage to corn seeds. Cercetări Agronomice în Moldova. 3(175): 1–12. DOI: 10.2478/cerce-2018-0021

Vedmedeva KV (2023) Marker morphological characters of sunflower: identification, inheritance and effects of gene alleles: a monograph. Kyiv: Agrarian science. 240 p.

RESEARCH ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF SUNFLOWER SEEDS

E. B. Aliiev^{1,2}, K. V. Vedmedeva², T. V. Makhova¹

¹ *Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,*

² *Dnipro State Agrarian and Economic University*

Knowledge of the compressive strength characteristics of seeds is essential for the rational design of an efficient dehulling system and the optimization of the process and product parameters. The aim of the study was to determine the patterns of the crushing force of sunflower seeds of different varieties under compression based on their other morphological properties. The determination of the crushing force of seeds was carried out in several stages. The first stage involved placing the seeds in the required position on a flat horizontal surface of the workbench in the area under a cylindrical indenter (diameter – 20 mm) fixed to a load cell that moves in a vertical plane. The load cell with the indenter fixed on it must be calibrated and at rest correspond to a force of 0 N. The second stage involved the indenter descending uniformly and linearly at a speed of 10 mm/s from the top point. Upon reaching the seed, the force on the load cell begins to increase from 0 N. This moment is recorded as the start of the measurement process. The geometric size of the seed X is then determined, with the workbench surface being the origin (0 mm). The third stage involves measuring the compression force F during the process. When the value of force F decreases, the maximum crushing force of the seed shell Fmax is recorded.

A developed module was used to implement the process of determining the crushing force of the seed shell.

The study involved 21 samples of sunflower seeds (ZL50A, ZL169A, ZL54A, KP11A, SX75A, 160v, 340v, 162v, 178a, 165ar2, 164g, 174d, 175bp1, 174e, 168b, 168a, 162bp1, 168v, Biločka, Prometheus, Zaporozhye Confectionery) grown under the same conditions. Each sample's number of studied plants (replicates) was 15. The plots for cultivation were established in the experimental field of the Institute of Oilseed Crops of the NAAS in the Zaporizhzhia district of the Zaporizhzhia region (northwestern part), located in the southern subzone of the Steppe of Ukraine.

The results showed that the crushing force of seeds F does not clearly depend on the seed's position in the basket (the coefficient of variation does not exceed 0.132), so average values across the entire basket can be used for further research. It was found that the crushing force values of the seed shells F vary among different samples, allowing them to be conditionally divided into three strength groups: the first group (over 50 N: Prometheus, Biločka, Zaporozhye Confectionery, and 160v), the second group (30-50 N: 162bp1, ZL50A, ZL169A, ZL54A, 174d, SX75A, 178a, 174e, 168a, 168b, 175bp1), and the third group (up to 30 N: 168v, 340v, 164g, KP11A, 162v, 165ar2). A correlation between the crushing force of the seed shells F and their huskiness ω was established in the form of a linear relationship $F = 189.37\omega - 25.713$ (coefficient of determination $R^2 = 0.8823$). Thus, the strength of seeds can be determined by their huskiness. It has been established that sunflower samples in the second and third groups are viable for food industry producers. However, considering the identified morphological and biochemical properties of the seeds from these groups, further selection should focus on samples on the border of the second and first groups (160v, 162bp1). The third group may also be of interest as material for crossbreeding (168v, 340v, 164g, KP11A, 162v, 165ar2).

Key words: sunflower, seeds, basket, distribution, strength, destructive force, flaking, dependence.