

УДК 633.34:664.72

DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-70-76

**К.В. Костецька,**кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри харчових технологій Уманського національного університету садівництва (м. Умань), Україна
E-mail: kostetskakateryna@gmail.com**О.П. Герасимчук,**кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва (м. Умань), Україна
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СОЇ ФРАКЦІОНУВАННЯМ НАСІННЯ

У статті наведено дослідження якості насіння сої сортів різних строків збирання, що часто відрізняється своїми якісними показниками. Задля підвищення такої якості доцільно проводити фракціонування насіння за різними властивостями (геометричні розміри, густина ін.). Мета дослідження – вивчити питання формування якості насіння сої залежно від процесу його фракціонування. Для досягнення мети були поставлені наступні завдання дослідження: провести технологічну оцінку насіння сої раннього та пізнього сортів; встановити процес фракціонування та визначити його вплив на якість насіння. Предметом досліджень було насіння сої раннього сорту (вегетаційний період – 105 днів) та пізнього сорту (вегетаційний період – 120 днів). Об'єкт дослідження – це процеси формування якості насіння сої під час його фракціонування. Для дослідження використовували сита з круглими отворами діаметром: 6,0 мм, 5,5 мм, 5,0 мм, 4,5 мм, 4,0 мм, 4,25 мм, 4,0 мм, 3,37 мм, 3,5 мм, 3,25 мм, 2,5 мм, 2,0 мм, 1,0 мм.

У результаті вимірів геометричних характеристик насіння сої, що вивчали встановлено, що насіння раннього сорту вирізняється більшими лінійними значеннями. Так, довжина насіння знаходилась в межах від 5,0 до 7,0 мм, ширина – від 4,0 до 7,0, а товщина – від 2,0 до 4,0 за середніх значень відповідно 6,0, 4,6 і 3,1 мм. В свою чергу, зерно сої пізнього сорту поступалося за їхніми середніми лінійними показниками довжини, ширини і товщини на 8, 9 і 32% відповідно. За обома сортами спостерігали тенденцію до збільшення значення густини зі зменшенням розміру насіння. За допомогою фракціонування насіння можна запобігти самосортуванню насіння під час переміщенні та струшуванні, та в результаті ефективного очищення, покращити його якість, відокремивши зерно з більшим вмістом білка.

Ключові слова: соя, насіння, якість, дослідження, фракціонування, ранньостиглий сорт, пізньостиглий сорт.

Kostetska K.V.,

Phd of Agricultural Sciences, Assistant Professor of Department of Food Technology Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

Herasymchuk O.P.,

Phd of Agricultural Sciences, Assistant Professor of Department of Technology of Storage and Processing of Grain Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

IMPROVING SOYBEAN QUALITY BY SEED FRACTIONING

The article presents a study of the quality of soybean varieties of different harvest periods, which often differs in its quality indicators. In order to increase them, it is advisable to fractionate the seeds according to different properties (geometric dimensions, density, etc.). The purpose of the study is to study the formation of soybean seed quality depending on the process of its fractionation. To achieve this goal, the following research objectives were set: to conduct a technological evaluation of soybean seeds of early and late varieties; establish the fractionation process and determine its impact on seed quality. The object of research is the processes of forming the quality of soybean seeds during its fractionation. The soil of the experimental fields is typical – gray forest, medium loam. Weather conditions, in general and spring-autumn vegetation in particular, were favorable for the formation of optimal soybean yields. For the study used sieves with round holes with a diameter of: 6.0 mm, 5.5 mm, 5.0 mm, 4.5 mm, 4.0 mm, 4.25 mm, 4.0 mm, 3.37 mm, 3.5 mm, 3.25 mm, 2.5 mm, 2.0 mm, 1.0 mm.

As a result of measuring the geometric characteristics of the studied soybean seeds, it was found that the seeds of an early variety are distinguished by large linear values. So, the length of the seeds was in the range from 5.0 to 7.0 mm, the width was from 4.0 to 7.0, and the thickness was from 2.0 to 4.0 with average values of 6.0, 4.6, respectively and 3.1 mm. In turn, late-grade soybean grain was inferior in terms of their average linear length, width and thickness by 8, 9 and 32%, respectively. Seeds entering the elevator often differ significantly in their quality. In order to increase it, it is advisable to fraction grain and seeds according to different properties (geometric dimensions, density, etc.). By means of seed fractionation, it is possible to prevent self-sorting of seeds during movement and shaking, and as a result of effective cleaning, to improve its quality, separating grain with higher protein content.

Key words: soybean, seeds, quality, research, fractionation, early-ripening variety, late-ripening variety.

Постановка проблеми. Соя – цінна універсальна культура, що є однією з головних білково-олійних культур із широким колом застосування в харчовій, кормовій, технічній галузях. Вона має велике агротехнічне значення. Крім того, від виробництва сої залежить ліквідація дефіциту білка і поповнення ресурсів жиру [1–4].

Сою відносять до числа важливих в нашій країні кормових культур. За вмістом білка (35...50 %), жиру

(13...26 %), а також вітамінів та певних кислот, вона займає одне із передових місць серед інших бобових культур [5, 6]. Сучасні світові тенденції, зростаюча внутрішня вітчизняна потреба у сої обумовили невідкладну необхідність збільшити виробництво цієї культури на території України. Тому доцільним буде вирішення питань, щодо післязбирального оброблення насіння сої [7].

Насіння, що поступає на елеватор часто суттєво від-

різняється своїми якісними показниками. Задля підвищення яких доцільно проводити фракціонування зерна та насіння за різними властивостями (геометричні розміри, густина ін.) [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Насіння сої є головним джерелом кормового й харчового білка у світі. Статистичні дані свідчать про те, що у валових зборах зернобобових культур її частка становить близько 78 %. На даний період у різних країнах світу виготовляють понад 300 видів харчових продуктів із сої, для чого необхідне насіння з різними морфологічними і біохімічними характеристиками. У зв'язку з цим потрібний широкий набір сортів, вирощування яких змогло б забезпечити потреби переробних виробництв [7, 8].

У зв'язку з високим вмістом білка і жиру, а також підвищеною гігроскопічністю насіння, соя за несприятливих умов (наприклад, наявність органічних домішок, підвищена вологість) швидко псується. Навіть сухе насіння за наявності домішок самозгрівається. Тому, відразу ж після збирання врожаю насіння необхідно максимально очистити від немолочених бобів, недозрілого битого та плюсколого насіння і вразі потреби досушити до вологості 12–14 % [6].

Мета статті є розкриття питання щодо формування якості насіння сої залежно від процесу його фракціонування.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання дослідження:

провести технологічну оцінку насіння сої раннього та пізнього сортів;

встановити процес фракціонування та визначити його вплив на якість насіння.

Методика дослідження. Дослідження проводилося в навчально-науковій лабораторії «Оцінювання якості насіння і продуктів його перероблення» Уманського НУС. Аналіз насіння проводили згідно методик описаних у стандартах.

Насіння сої вирощено в умовах Правобережного Лісостепу. Ґрунт дослідних полів типовий – сірий лісовий, середньо-суглинковий. Погодні умови, у цілому та весняно-осінньої вегетації зокрема, були сприятливими для формування оптимальних урожаїв сої.

Для дослідження використовували сита з круглими отворами діаметром: 6,0 мм, 5,5 мм, 5,0 мм, 4,5 мм, 4,0 мм, 4,25 мм, 4,0 мм, 3,37 мм, 3,5 мм, 3,25 мм, 2,5 мм, 2,0 мм, 1,0 мм, ваги, дільник, розбірна дошка, лабораторний посуд, лінійка, штангельциркуль.

Предметом наших досліджень було насіння сої раннього сорту (вегетаційний період – 105 днів) та пізнього сорту (вегетаційний період – 120 днів).

Об'єкт дослідження – це процеси формування якості насіння сої під час його фракціонування.

Порядок виконання дослідницької роботи:

Відбір проб. Маса наважки для дослідів 2000 г [9, 10].

Очищення насіння сої від крупної сміттєвої домішки через сито діаметром 3 мм.

Фізико-механічні показники насіння сої [11].

Визначення вологості в суміші одного виду.

Визначення масової частки білку, жиру в суміші одного виду.

Визначаємо засміченість сумішей сої раннього і пізнього сорту.

Визначення маси 1000 насінин в суміші сої раннього і пізнього сорту.

Визначення ГМО насіння сої раннього і пізнього сорту.

Після визначення показників сумішей раннього і пізнього сорту проводимо фракціонування. За допомогою сит із круглими діаметрами 6,0 мм, 5,5 мм, 5,0 мм, 4,5 мм, 4,0 мм, 4,25 мм, 4,0 мм, 3,37 мм, 3,5 мм, 3,25 мм, 2,5 мм, 2,0 мм, 1,0 мм. Потім об'єднали по фракціях і провели повторний аналіз за показниками: вологість, білок, жир, засміченість, вміст домішок, маса 1000 насінин, об'єм, густина.

Аналіз одержаних результатів.

Під час проведення досліджень визначали такі показники:

Фізико-механічна характеристика насіння сої (товщина, довжина, ширина, сферичність, об'єм, площа зовнішньої поверхні, густина).

Фракційний склад.

Якісні показники знасіння сої (фізичні: вологість, маса 1000 насінин, засміченість, крупність і вирівняність; хімічні: вміст білку, жиру, клітковини, золи, ГМО; органолептичні показники).

При проведенні дослідів керувалися методикою стандартів:

Відбір проб – ГОСТ 10852; ДСТУ 3355.

Визначення запаху і кольору насіння – ГОСТ 27988.

Визначення зараженості – ГОСТ 10853; ДСТУ ISO 6639-1; ДСТУ ISO 6639-2; ДСТУ ISO 6639-3; ДСТУ ISO 6639-4.

Визначення засміченості – ГОСТ 10854, ГОСТ 30483.

Визначення масової частки білка – ГОСТ 10846.

Визначення масової частки олії – ГОСТ 10857.

Зольність визначали за ГОСТ 28418-89.

Вміст сирової клітковини – згідно ДСТУ ISO 6865:2004.

Визначення маси 1000 насінин (ГОСТ 10842-89).

Визначення вологості насіння (ГОСТ 10856; ГОСТ 29143 (ІСО 712-85); ГОСТ 29144 (ІСО 711-85); ДСТУ 4117).

Соя. Технічні умови. (ДСТУ 4964:2008) [12].

Методика визначення ГМО. Важливо, щоб все обладнання було ретельно очищено перед застосуванням. Для цього, проводиться механічне видалення залишків, наскільки можливо, а потім обладнання і посуд протирають серветкою (ватним спонжем) змоченою в спирті. Обладнання повинно бути просушеним або протерте насухо серветкою. Для відбору проби ретельно очищали і протирали дільник, роздільну дошку, лопатки. Виділені зразки насіння сої просіювали через підготовлене сито, відбираючи сторонні домішки. Із очищеної проби відраховували 100 насінин та визначили їхню масу (M_{100}). Визначали середню масу однієї насінини поділом на 100 та визначали масу наважки (M_n) для аналізу за формулою:

$$M_n = (M_{100} / 100) \times 1000, \text{ г} \quad (1)$$

де 1000 – необхідна кількість насінин для аналізу

Після подрібнення необхідну масу насінин (M_n) поміщали в суху і чисту ємкість з кришкою, потім добавили дистильовану воду.

Необхідний об'єм води (V_v) для екстракції розраховували за формулою:

$$V_v = M_n \times 6, \text{ мл} \quad (2)$$

Закритий кришкою посуд енергійно перемішували на протязі 20–30 с. Утворена суспензія повинна мати «тугу» консистенцію, але при відстоюванні за короткий час (до 1 хв) має утворитися вільна рідина, а в осаді не повинно бути цілих зерен.

Після осадження рослинних залишків, мікропіпеткою відбирали необхідний обсяг екстракту (без осаду) 0,5–1,2 см³ і переносили в мікропробірку об'ємом 1,5 см³. Тест-смужку поміщали на 5 хв в одноразову мікропробірку з екстрактом до вказаної мітки.

Чутливість тест-смужок дозволяє виявити до 0,1 % зерен, які містять лінію ГМО білка. Наявність на тест-смужці лише верхньої контрольної лінії свідчить про негативний результат реакції. Якщо ж через 5 хв проявляються дві лінії верхня і нижня, то результат реакції вважається позитивним і свідчить про наявність відповідної послідовності білку ГМО. У випадку, коли в результаті реакції проявляється тільки нижня лінія, а контрольна лінія відсутня, то аналіз необхідно повторити. Результати тестів повинні біти витлумачені через 5 хв. Результат теста, інтерпретований через 60 хв, є недійсним.

Основні результати дослідження.

Фізико-механічна характеристика насіння сої. Насіння сої вирізняється шароподібною або овальною формою. Для ефективної очистки, сушіння, зберігання та

перероблення насіння важливо знати його лінійні розміри та фізико-механічні характеристики, що є характерними як для культури, так і для сорту. Розміри насіння сої знаходяться в межах: довжина – 5,2...8,2 мм, ширина – 4,6...6,7 мм, товщина – 3,5...5,5 мм.

Для визначення геометричних показників насіння сої брали 10 зернівок одного виду досліджуваного насіння і за допомогою штангельциркуля і лінійки вимірювали довжину, ширину й товщину.

За встановленими геометричними середніми показниками насіння провели розрахунок об'єму, площі зовнішньої поверхні насіння, сферичності.

Об'єм насіння визначають за формулою:

$$V = k \cdot l \cdot a \cdot b, \text{ мм}^3 \quad (3)$$

де: a, b, l – ширина, товщина і довжина насіння сої; k – коефіцієнт, що для насіння для сої рівний 0,56.

Площу зовнішньої поверхні насіння сої визначають за формулою:

$$F = 0,35 \cdot (a + b + l)^2, \text{ мм}^2 \quad (4)$$

Особливість форми насіння зручно оцінювати його сферичністю, що визначається за формулою:

$$\Psi = \frac{F_{\text{ш}}}{F} \quad (5)$$

де:

$$F_{\text{ш}} = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (6)$$

$$r = 0,62 \cdot \sqrt[3]{V} \quad (7)$$

В результаті вимірів геометричних характеристик насіння сої, що вивчали встановлено, що насіння раннього сорту вирізняється більшими лінійними значеннями. Так, довжина насіння знаходилась в межах від 5,0 до 7,0 мм, ширина – від 4,0 до 7,0, а товщина – від 2,0 до 4,0 за середніх значень відповідно 6,0, 4,6 і 3,1 мм. В свою чергу, зерно сої пізнього сорту поступалося за їхніми середніми лінійними показниками довжини, ширини і товщини на 8, 9 і 32% відповідно.

За формулою 3 визначили об'єм сої раннього сорту:

$$V = 0,56 \cdot 6,0 \cdot 4,6 \cdot 3,1 = 47,91 \text{ мм}^3$$

Площа зовнішньої поверхні насіння сої раннього сорту визначали за формулою 4:

$$F = 0,35 \cdot (4,6 + 3,1 + 6,0)^2 = 65,69 \text{ мм}^2$$

Сферичність визначають за формулою 5. Спочатку визначивши площу зовнішньої поверхні кулі еквівалентного зерна за формулами 7 та 6:

$$r = 0,62 \cdot \sqrt[3]{47,91} = 2,25$$

$$F_{\text{ш}} = 4 \cdot \pi \cdot 2,25^2 = 63,72 \text{ мм}^2$$

Отже, згідно формули 5 сферичність зерна сої раннього сорту:

$$\Psi = \frac{63,72}{65,69} = 0,97.$$

За формулою 3 визначили об'єм насіння сої пізнього сорту:

$$V = 0,56 \cdot 5,5 \cdot 4,2 \cdot 2,05 = 26,52 \text{ мм}^3$$

Площа зовнішньої поверхні насіння сої пізнього со-

рту визначали за формулою 4:

$$F = 0,35 \cdot (4,2 + 2,05 + 5,5)^2 = 48,32 \text{ мм}^2$$

Сферичність насіння сої пізнього сорту визначали за формулою 5, площу зовнішньої поверхні кулі еквівалентного насіння – за формулами 7 та 6:

$$r = 0,62 \cdot \sqrt[3]{26,52} = 1,85$$

$$F_{\text{ш}} = 4 \cdot \pi \cdot 1,85^2 = 42,96 \text{ мм}^2$$

Отже, згідно формули 5 сферичність насіння сої пізнього сорту:

$$\Psi = \frac{42,96}{48,32} = 0,89.$$

Порівняльна оцінка фізико-механічних показників насіння сої раннього та пізнього сорту наведена в табл. 1.

У результаті розрахунків встановлено, що за величинами сферичності і площі зовнішньої поверхні зерно раннього сорту переважає середні значення джерел літератури, тоді як пізнього сорту – не досягає і нижньої межі даних літератури. Об'єм зернівки як раннього, так і пізнього сорту – вирізняється значеннями, що поступаються літературним.

Отже, за даними табл. 1 можна зробити висновок, що зерно сої раннього сорту має більш округлу форму та більший розмір зернівки у порівнянні з насінням сої пізнього сорту. Очікувано зерно сої раннього сорту міститиме і більшу кількість білка та жиру, що є ефективним під час виготовлення комбікормів.

Якісні показники насіння сої різних фракцій. Фракціонування – процес розділення насінневої маси на більш однорідні за своїм складом фракції.

Методом ситового аналізу було підібрано сита з круглим отвором з діаметром отворів: 6,0 мм, 5,5 мм, 5,0 мм, 4,5 мм, 4,0 мм, 4, 25 мм, 4,0 мм, 3,37 мм, 3,5 мм, 3,25 мм, 2,5 мм, 2,0 мм, 1,0 мм. У результаті ситового контролю було визначено найбільш крупні сходові фракції за якими і проводили розділення насіння для подальшого фракційного вивчення.

Таким чином зерно, що вивчали було розділено на фракції за сходами сит діаметром отворів: 6,0 мм; 4,5 мм; 4,0 мм; 3,5 мм, а також проходом сита з діаметром отворів 3,5 мм. Результати виходу насіння з підібраних сит наведені в табл. 2.

Найбільшою фракцією визначено схід сита \emptyset 6 мм, що для насіння раннього сорту складав 96,94 %, а для пізнього – на 5 % менше. Зі зменшенням розміру отворів сита, зменшувалась і кількість відібраного на ньому насіння сої, з незначною кількісною перевагою для насіння пізнього сорту. Результати такого дослідження характеризує зерно сої, що вивчали як крупне, досить вирівняне зерно та підтверджує більші розміри насіння раннього сорту.

У подальших дослідженнях нами було вивчено зерно сої різних фракцій за показники якості: вологість, масова частка білка, масова частка жиру, маса 1000 насінин, вміст бітогу і незрілого насіння та органічних домішок (табл. 3 і 4).

Результати досліджень показали, що різні фракції на-

Порівняльна оцінка фізико-механічних показників насіння сої (середнє за 2019–2020 рр.)

Таблиця. 1

Дослід	Лінійні розміри, мм			Об'єм V , мм ³	Сферичність Ψ	Площа зовнішньої поверхні F , мм ²
	Довжина l , мм	Ширина a , мм	товщина b , мм			
Раній сорт	6,0	4,6	3,1	47,91	0,97	65,69
Пізній сорт	5,5	4,2	2,1	26,52	0,89	48,32
За даними джерел літератури*	5,2–8,2	4,6–6,7	3,5–5,5	50–85	0,92–0,95	60–95
	5,5	4,2	2,4	50,00	0,90	60,00

* – над ризикою – межі; під ризикою – середні значення за джерелами літератури [1–8].

Таблиця 2

Вихід насіння сої на ситах різного діаметру, %

Дослід	Схід сита, мм				Прохід сита Ø 3,5 мм
	Ø 6 мм	Ø 4,5 мм	Ø 4,0 мм	Ø 3,5 мм	
Ранній сорт	96,94	2,11	0,46	0,26	0,23
Пізній сорт	94,03	2,16	1,48	1,21	1,12

Таблиця 3

Показники якості насіння сої раннього сорту за фракціями

Показник	Схід сита, мм				Прохід сита Ø 3,5 мм	Суміш (кон- троль)	НІР ₀₅
	Ø 6,0	Ø 4,5	Ø 4,0	Ø 3,5			
Вологість, %	9,1	-	-	-	-	8,9	0,44
Масова частка білка, в перерахунку на суху речовину, %	35,9	-	-	-	-	35,5	1,78
Масова частка олії, % на суху речовину	23,2	-	-	-	-	23,5	1,17
Масова частка клітковини, % на суху речовину	8,1	-	-	-	-	9,0	0,43
Масова частка золи, % на суху речовину	5,8	-	-	-	-	5,9	0,30
Сміттева домішка (органічна), %	0,016	1,13	2,12	3,06	16,87	0,90	0,20
В олійній домішці - бите і давлене насіння, %	0,73	85,81	91,88	96,90	83,08	0,96	2,98
- недозріле насіння, %	19,00	2,93	0,57	-	-	14,00	0,46

Таблиця 4

Показники якості насіння сої пізнього сорту за фракціями

Показник	Схід сита, мм				Прохід сита Ø 3,5 мм	Суміш (кон- троль)	НІР ₀₅
	Ø 6,0	Ø 4,5	Ø 4,0	Ø 3,5			
Вологість, %	10,5	-	-	-	-	11,1	0,54
Масова частка білка, в перерахунку на суху речовину, %	35,5	-	-	-	-	35,1	1,52
Масова частка олії, % на суху речовину	24,2	-	-	-	-	24,6	1,22
Масова частка клітковини, % на суху речовину	6,0	-	-	-	-	6,7	0,32
Масова частка золи, % на суху речовину	4,9	-	-	-	-	5,2	0,25
Сміттева домішка (органічна), %	0,026	1,97	39,19	11,60	27,88	0,046	0,67
В олійній домішці - бите і давлене насіння, %	0,70	88,03	-	55,23	57,62	0,75	2,02
- недозріле насіння, %	0,19	9,19	9,28	30,42	12,64	0,20	0,53

Примітка. Показники якості насіння сої за ДСТУ 4964:2008: вологість – не більше 12 %; масова частка білка, в перерахунку на суху речовину – не менше ніж 35,0 %; масова частка олії, в перерахунку на суху речовину – не менше ніж 12,0 %; вміст сміттевої і олійної домішок (разом) – не більше 10,0 %; зокрема сміттевої домішки – не більше 3,0 %; зараженість шкідниками – не дозволено, крім зараженості кліщем не вище 1-го ступеня.

Таблиця 5

Показники якості насіння сої пізнього сорту за фракціями

Показник	Схід сита, мм				Прохід сита Ø 3,5 мм	Суміш (контроль)	НІР ₀₅
	Ø 6,0	Ø 4,5	Ø 4,0	Ø 3,5			
Маса 1000 насінин, г	147,0	81,1	83,0	82,0	45,0	147,0	4,80
Об'єм зернівки, мм ³	47,91	26,29	27,05	26,70	14,60	47,91	1,90
Густина, г/см ³	3,0	2,9	3,1	3,1	3,1	3,0	0,10

Таблиця 6

Показники якості насіння сої пізнього сорту за фракціями

Показник	Схід сита, мм				Прохід сита Ø 3,5 мм	Суміш (контроль)	НІР ₀₅
	Ø 6,0	Ø 4,5	Ø 4,0	Ø 3,5			
Маса 1000 насінин, г	125,5	64,4	46,0	26,0	21,0	127,3	3,40
Об'єм зернівки, мм ³	26,14	13,42	9,58	5,42	4,37	26,52	0,71
Густина, г/см ³	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0,10

ніння мають однорідні показники, тому такий розподіл насіння підвищує технологічні властивості та полегшує процес транспортування та переробки.

З порівняльного аналізу хімічного складу насіння сої раннього сорту (табл. 3) видно, що сходові фракції сита, діаметром 6,0 мм містить більше білка, ніж контрольна суміш яка не розділена по фракціях, за числових значень 35,9 і 35,9 % відповідно.

Встановлено, що фракції насіння сої з сит діаметром 4,5, 4,0 і 3,5 мм переважно являють собою олійну домішку, що представлена для раннього і пізнього сортів на 83–97 % і 55–88 % відповідно битим і давленим насінням.

У ранньому сорті сої на сходовій фракції діаметром 3,5 мм найбільший вміст битого і давленого насіння, але відсутні недозрілі насіння. Тоді як, сміттевої (органічної) домішки найбільше визначено у фракції, що отримана проходом сита діаметром отворів 3,5 мм, що становить 16,87 %.

В пізньому ж сорті сої найбільший вміст битого і давленого насіння визначено на сходовій фракції діаметром 4,5 мм, але зовсім відсутні на ситі діаметром 4,0 мм. Недозрілого насіння найбільше (30,42 %) було виявлено на ситі діаметром 3,5 мм. Тоді як, сміттевої (органічної) домішки найбільше визначено у фракціях, що отримані сходом сита діаметром 4,0 мм і проходом 3,5 мм, що становили 27,88 і 39,19 % відповідно.

З порівняльного аналізу хімічного складу насіння сої пізнього сорту (табл. 4) видно, що сходові фракції сита, діаметром отворів 6,0 мм також містить більше білка, ніж контрольна суміш яка не розділена по фракціях, за числових значень 35,5 і 35,1 % відповідно.

Встановлено, що зерно сої раннього сорту вирізнялось більшим вмістом білка, проте поступалося зерну пізнього сорту за вмістом жиру. В зерні сої сортів, що вивчали, визначено вологість від 8,9 до 11,1 %, кількість битого насіння та органічної домішки – не більше 1,0 %, що не виходить за допустимі норми стандарту ДСТУ 4964:2008. Одночасно, зерно сої раннього сорту вирізняється великою кількістю недозрілого насіння, що слід враховувати у разі закладання такого на зберігання.

Отже, з даних табл. 2–4 можна зробити висновок, що за допомогою фракціонування насіння можна відокремити зерно з більшим вмістом білка, що дозволить підвищити ефективність виробництва, покращити якість комбікормів та, очевидно, знизить його собівартість. Також, фракціонування є ефективним способом очищення насіння. Сортирування насіння на фракції дає можливість

підвищити ефективність очищення насіння сої за фракціями, що зменшує навантаження на очисні машини в порівнянні з очисткою його в потоці.

Визначення густини різних фракцій насіння сої

Оскільки насіння сої раннього сорту вирізнялося високим вмістом недорозвиненого насіння, наші дослідження були пов'язані з вивченням його густини. Густина вказує на ступінь зрілості і вповненості насіння. Зріле і вповнене насіння має більшу густину, ніж недозріле. Різниця густини насіння і домішок використовується при сортуванні насіння і його очищення. Внаслідок різної густини в зерні відбувається самосортування при переміщенні і струшуванні. Це можна враховувати під час очистки насіння на елеваторі.

Фізична густина насіння тісно пов'язана з натурою. Чим більша густина, тим більша натура [3–6]. Звідси, густину зернівки визначаємо за формулою 8:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3 \quad (8)$$

де: m – маса зернівки, г
 V – об'єм зернівки, см³.

В результаті вимірів геометричних характеристик насіння сої, що вивчали встановлено, що насіння раннього сорту вирізняється більшими лінійними значеннями. Так, довжина насіння знаходилась в межах від 5,0 до 7,0 мм, ширина – від 4,0 до 7,0, а товщина – від 2,0 до 4,0 за середніх значень відповідно 6,0, 4,6 і 3,1 мм. В свою чергу, зерно сої пізнього сорту поступалося за їхніми середніми лінійними показниками довжини, ширини і товщини на 8, 9 і 32 % відповідно.

За формулою 4 визначили об'єм сої раннього сорту – 47,91 мм³ та об'єм насіння сої пізнього сорту 26,52 мм³ (табл. 1).

Масу 1000 насінин визначили за ГОСТ 10842-89.

де: N – кількість зернівок; $M_{1000 \text{ насінин}}$ – маса 1000 насінин.

Для розрахунків приймали наступні характеристики насіння сої:

а) Лінійні середні розміри досліджуваного насіння сої раннього сорту в суміші без фракціонування: довжина 6,0 мм, ширина 4,6 мм, товщина 3,1 мм, об'єм 47,91 мм³, маса 1000 насінин 147,0 г.

б) Лінійні середні розміри досліджуваного насіння сої пізнього сорту в суміші без фракціонування: довжина 5,5 мм, ширина 4,2 мм, товщина 2,1 мм, об'єм 26,52 мм³, маса 1000 насінин 127,3 г.

Масу зернівки визначали за формулою 9:

$$m = M_{1000\text{зерен}} / N, \text{ г} \quad (9)$$

$$\text{а) } 147,0 / 1000 = 0,147 \text{ г}$$

$$\text{б) } 127,3 / 1000 = 0,1273 \text{ г}$$

Густину насіння встановлювали за формулою 9:

$$\text{а) } \frac{0,147}{47,91} = 0,0030 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 3,0 \text{ г/см}^3$$

$$\text{б) } \frac{0,1273}{26,52} = 0,0048 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 4,8 \text{ г/см}^3$$

Виходячи з формул 9 і 10 густину знаходимо з формули 10:

$$\rho = \frac{M_{1000\text{зерен}}}{NV}, \text{ г/см}^3 \quad (10)$$

У результаті розрахунків встановлено, що насіння сої раннього сорту (табл. 5) має менші значення густини у порівнянні з насінням пізнього сорту (табл. 6), що підтверджує вміст недозрілого насіння у сої раннього сорту. Визначено, що насіння раннього сорту спостерігалося зменшення густини у фракції схід сита \varnothing 4,5 мм. Очевидно, що недозріле насіння, головним чином, знаходилося у цій фракції. В свою чергу, за обома сортами спостерігали тенденцію до збільшення значення густини зі зменшенням розміру насіння.

Вивчення насіння сої на ГМО. Виділення проб проводили стерильним подільником. Наважку для аналізу (100 г) очищали від усіх видів домішок за допомогою сита із круглим отвором діаметром 3 мм. Для визначення маси наважки сої на ГМО взяли 100 зерен сої раннього сорту та 100 зерен сої пізнього сорту й за формулою 1 визначили:

$$1) (14,7/100) * 1000 = 147 \text{ г.}$$

$$2) (12,55/100) * 1000 = 125,5 \text{ г.}$$

Наважку насіння подрібнювали в млинку на протязі 30 секунд (до мілкодисперсної фракції). Після чого проводили екстракцію дистильованою водою. Необхідний об'єм води для екстракції розраховували за формулою 2:

$$1) 147 * 6 = 882 \text{ мл.}$$

$$2) 125,5 * 6 = 753 \text{ мл.}$$

Після змішування подрібненого насіння сої з дистильованою водою і після осадження рослинних залишків, мікропіпеткою відбирали екстракт кількістю 0,5 см³ в мікропробірку об'ємом 1,5 см³, куди поміщали тест смужку на 5 хв.

Результат дослідження показав, що соя пізнього сорту містить ГМО, а соя раннього сорту – без ГМО.

Висновки. У результаті експериментального вивчення зроблені наступні висновки:

1. Насіння сої раннього сорту має більш округлу форму, більший розмір зернівки, більший вміст білка у порівнянні з насінням сої пізнього сорту, що є ефективним під час виготовлення комбікормів.

2. Насіння сої раннього сорту має менші значення густини у порівнянні з насінням пізнього сорту, що підтверджує вміст недозрілого насіння у сої раннього сорту.

3. За допомогою фракціонування насіння можна запобігти самосортуванню насіння під час переміщення та струшуванні, та в результаті ефективного очищення, покращити його якість, відокремивши зерно з більшим вмістом білка.

4. Зерно сої пізнього сорту, що вивчали містить ГМО, тоді як, соя раннього сорту – без ГМО.

Література

1. Brzezinski C.R., Abati J., Henning F.A., Henning A.A., França Neto J. de B., Krzyzanowski F.C., Zucareli C. (2017): Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. *Journal of Seed Science*, 39: 174–181. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n2175179>

2. Dan L.G.M., Dan H.A., Barroso A.L.L., Braccini A.L. (2010): Effect of storage on the physiological quality of soybean seeds treated with insecticides. *Revista Brasileira de Sementes*, 32: 131–139. (In Portuguese) <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200016>

[org/10.1590/S0101-31222010000200016](https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200016)

3. Dias M.A.N., Taylor A.G., Cicero S.M. (2014): Uptake of systemic seed treatments by maize evaluated with fluorescent tracers. *Seed Science and Technology*, 42: 101–107. <https://doi.org/10.15258/sst.2014.42.1.12>

4. Ривак Г. П., Бойко Г. Й., Ривак Р. О. Комплексна оцінка продуктів переробки сої та соняшника. Науково-технічний вісник ДНДІ ветеринарно-медичних препаратів і кормових добавок та Інституту біології тварин. 2021, Том 22, № 1, с. 191–196 <https://doi.org/10.36359/scivp.2021-22-1>

5. Pereira R. C., Peloso M. F., Correia L.V., Matera T.C., dos Santos R.F., Braccini A.L., De Bastiani G.G., Coppo C., da Silva B.G. Physiological quality of soybean seeds treated with imidacloprid before and after storage. *Plant Soil Environ.* № 66. 2020. P. 513–518 <https://doi.org/10.17221/364/2020-PSE>

6. Лопаткіна В. Г. Підвищення якості сої шляхом її фракціонування. Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів. Одеса: ОНАХТ, 2018. С. 14–16. https://card-file.onaft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11374/1/zb_nauk_pr_molody_2018_Lopatkin.pdf

7. Січкач В.І., Лаврова Г.Д., Коруняк О.П. Виділення з колекції сої джерел ознак, необхідних для створення сортів харчового використання. Збірник наукових праць СГІ-НЦНС. 2007. Вип. 9 (49). С. 189–196 <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.7>

8. Успенко О. В., Костецька К. В. Підвищення якості сої шляхом її фракціонування. Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів. Умань: УНУС, 2020. С. 69–70.

9. ГОСТ 13586.3-83 Зерно. Правила приймання і методи відбору проб. [Чинний від 1984-07-01]. Вид. офіц. Постановою Державного комітету СРСР по стандартах від 18 травня 1983 року N 2253. 2 с.

10. ДСТУ 3355-96. «Продукція сільськогосподарська рослинна. Методи відбору проб у процесі карантинного огляду та експертизи». [Чинний від 1997-07-01]. Вид. офіц. Київ: ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ. 1997. 5 с.

11. Kostetska K. V., Yevchuk Y. V. Physical and mechanical properties and quality indicator of wheat. *Carpethian journal of food science and technology*. 2016. № 8 (2). P. 187–192.

12. ДСТУ 4964:2008. Соя. Технічні умови. [Чинний від 2010-07-01]. Вид. офіц. Київ: Київський інститут хлібопродуктів. 2008. 2–4 с.

13. ДСТУ ISO 6639-4:2007. Зернові і бобові. Виявлення прихованого заселення комахами. Частина 4. Прискорені методи (ISO 6639-4:1987, IDT). [Чинний від 2010-10-01]. Вид. офіц. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування. 2007. 4 с.

14. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методи визначення загального і фракційного вмісту смітної і зернової домішок; утримання дрібних зерен і крупності; вмісту зерен пшениці, пошкоджених клопом-черепашкою; зміст металомігнітних домішок. [Чинний від 2002-07-01]. Вид. офіц. Всеросійський науково-дослідний інститут насіння і продуктів його переробки. 2002. 3 с.

15. ГОСТ 10846-91. Зерно і продукти його переробки. Метод визначення білка (Видання з Поправкою). [Чинний від 1993-06-01]. Вид. офіц. Постановою Комітету стандартизації та метрології СРСР від 18.12.91.

16. ДСТУ 8144:2015. Насіння олійне. Визначання вмісту олії рефрактометричним методом. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Український науково-дослідний інститут олій та жирів. 2015. 4–5 с.

17. ГОСТ 10842-89. Зерно зернових і бобових культур і насіння олійних культур. Метод визначення маси 1000 насінин або 1000 насінин. [Чинний від 1991-07-01]. Вид. офіц. Міністерство хлібопродуктів СРСР. Дію продовжено згідно з наказом від 24.01.2018 № 17.

18. ГОСТ 13586.4-83. Зерно. Методи визначення зараженості і пошкоженості шкідниками. [Чинний від

1984-07-01]. Вид. офіц. Постановою Державного комітету СРСР по стандартах від 23 травня 1983 р.

19. ГОСТ 29143. Зерно і зернопродукти. Визначення вологості. [Чинний від 1992-10-01]. Вид. офіц. Всесоюзним науково-виробничим об'єднанням "Зернопродукт". 1992. 3–5 с.

20. ГОСТ 13586.5-93. Зерно. Метод визначення вологості. [Чинний від 1998-01-01]. Вид. офіц. Держстандарт Росії. 1997. 2–4 с.

Reference

1. Brzezinski C.R., Abati J., Henning F.A., Henning A.A., França Neto J. de B., Krzyzanowski F.C., Zucareli C. Spray volumes in the industrial treatment on the physiological quality of soybean seeds with different levels of vigor. *Journal of Seed Science*, 2017, no. 39, pp. 174–181. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n2175179>
2. Dan L.G.M., Dan H.A., Barroso A.L.L., Braccini A.L. Effect of storage on the physiological quality of soybean seeds treated with insecticides. *Revista Brasileira de Sementes*, 2010, no. 32, pp. 131–139 (in Portuguese) <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200016>
3. Dias M.A.N., Taylor A.G., Cicero S.M. ptake of systemic seed treatments by maize evaluated with fluorescent tracers. *Seed Science and Technology*, 2014, no. 42, pp. 101–107 <https://doi.org/10.15258/st.2014.42.1.12>
4. Ryvak H. P., Boiko H. Y., Ryvak R. O. Comprehensive evaluation of soybean and sunflower processing products. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Veterinary Medicines and Feed Additives and the Institute of Animal Biology*, 2021, 22 (no. 1), pp. 191–196 <https://doi.org/10.36359/scivp.2021-22-1> (in Ukrainian).
5. Pereira R.C., Pelloso M.F., Correia L.V., Matera T.C., dos Santos R.F., Braccini A.L., De Bastiani G.G., Coppo C., da Silva B.G. Physiological quality of soybean seeds treated with imidacloprid before and after storage. *Plant Soil Environ*, 2020, 66, pp. 513–518.
6. Lopatkina V. H. Improving the quality of soybeans by its fractionation. *Collection of scientific works of young scientists, graduate students and students*. Odessa: ONAHT, 2018, pp. 14–16 https://card-file.onaft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11374/1/zb_nauk_pr_molody_2018_Lopatkin.pdf (in Ukrainian).
7. Sichkar V.I., Lavrova H.D., Koruniak O.P. Isolation from the collection of soybean sources of traits necessary for the creation of varieties of food use. *Collection of scientific works of SGI-NCNS*, 2007, 9 (49), pp. 189–196 <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.7> (in Ukrainian).
8. Uspalenko O. V., Kostetska K. V. (2020). Improving the quality of soybeans by its fractionation. "Collection of scientific works of young scientists, graduate students and students". Uman: UNUH, 2020, pp. 69–70 (in Ukrainian).
9. State standard 13586.3-83 Grain. Acceptance rules and sampling methods. [Valid from 1984-07-01]. Resolution of the USSR State Committee for Standards from 1983-05-18 18 N 2253. 2 p. (Ukrainian).
10. SSU 3355-96. «Agricultural plant products. Methods of sampling in the process of quarantine inspection and examination». [Valid from 1997-07-01]. Kyiv: State standard Ukraine, 1997. 5 p. (Ukrainian).
11. Kostetska K. V., Yevchuk Y. V. Physical and mechanical properties and quality indicator of wheat. *Carpathian journal of food science and technology*, 2016, No. 8 (2), pp. 187–192.
12. SSU 4964:2008. Soy. Specifications. [Valid from 2010-07-01]. Kyiv: State standard Ukraine, 2008. 2–4 p. (Ukrainian).
13. SSU ISO 6639-4:2007. Cereals and legumes. Detection of hidden insect infestation. Part 4. Accelerated methods (ISO 6639-4:1987, IDT). [Valid from 2010-10-01]. State standard. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences, 2007. 4 p. (Ukrainian).
14. State standard 30483-97. Grain. Methods for determining the total and fractional content of waste and grain impurities; retention of small grains and size; the content of wheat grains damaged by bedbugs; the content of metal-magnetic impurities. [Valid from 2002-07-01]. All-Russian Research Institute of Seeds and Products of Its Processing, 2002. 3 p. (Ukrainian).
15. State standard 10846-91. Grain and products of its processing. Protein determination method (Revised Edition). [Valid from 1993-06-01]. Resolution of the Committee for Standardization and Metrology of the USSR from 18-12-1991 (Ukrainian).
16. SSU. 8144:2015. Oil seeds. Determination of oil content by refractometric method. [Valid from 2017-01-01]. State standard. Ukrainian Research Institute of Oils and Fats, 2015. 4–5 p. (Ukrainian).
17. State standard 10842-89. Grains of cereals and legumes and oilseeds. The method of determining the mass of 1000 seeds or 1000 seeds. [Valid from 1991-07-01]. Ministry of Bakery Products of the USSR. The action was extended in accordance with the order of 24-01-2018. No. 17 (Ukrainian).
18. State standard 13586.4-83. Grain. Methods for determining infestation and damage by pests. [Valid from 1984-07-01]. Resolution of the State Committee of the USSR on Standards of 23-05-1983 (Ukrainian).
19. State standard 29143. Grain and grain products. Determination of humidity. [Valid from 1992-10-01]. All-Union Research and Production Association "Zernoproduct", 1992. 3–5 p. (Ukrainian).
20. State standard 13586.5-93. Grain. Humidity determination method. [Valid from 1998-01-01]. State standard Russia, 1997. 2–4 p. (Ukrainian).