

<sup>1</sup>NSC "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13 Volodymyrivska St., Kyiv, 01601, Ukraine, \*e-mail: sergii.pharm@gmail.com

<sup>2</sup>Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine

**Purpose.** To study the economic efficiency of growing crops by using different fertilizer systems. **Methods.** Field, calculation and comparison. **Results.** It is determined that under the traditional industrial system of soybean fertilizers it is possible to obtain a good level of profit with a profitability of 154 %. Similarly, for winter wheat cultivation, the use of a traditional industrial fertilizer system provides a relatively low level of profit (30,427 UAH), although the level of profitability was 157 %. But the average profitability is obtained by using an ecological fertilizer system, despite the low cost of the products and, accordingly, lower profits. In the cultivation of sugar beets, the use of industrial fertilizer system is the most expensive compared to others, but this system was the least profitable and had the lowest level of profitability – 63 %. It is also established that sugar beets are one of the most profitable crops of crop rotation in terms of profit. But for the cultivation of corn for grain and the use of industrial fertilizer system obtained a level of profitability – 133 % and a profit – 32673 UAH/ha. **Conclusions.** It is determined that the application of the biological system of soybean fertilizer yielded the best indicators of profit (32410 UAH/ha) and the level of profitability (183 %). Similarly, on this fertilizer system, winter wheat provided a profit of 31,185 UAH/ha and a profitability level of 180 %. Under the biological system of fertilizers in the cultivation of sugar beets, production costs were the lowest (28,250 UAH/ha), and the cost of cultivated products was minimal – UAH 410, which provided the highest profit – 36,516 UAH/ha and profitability – 129 %. Growing corn for grain under the biological fertilizer system contributed to the profit – 33863 UAH/ha and the level of profitability – 151 %.

**Keywords:** crop rotation; fertilizer dose; yield; fertilizer system.

Надійшла / Received 16.01.2020

Погоджено до друку / Accepted 12.02.2020

УДК 633.17:631.527.5:631.5(477.7)

## Посівні властивості зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання та оброблення препаратами

Л. І. Сторожик<sup>1\*</sup>, В. І. Войтовська<sup>1</sup>, В. В. Любич<sup>2\*</sup>, С. В. Рогальський<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, \*e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com

<sup>2</sup>Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305, Україна, e-mail: LyubichV@gmail.com

**Мета.** Дослідження посівних властивостей (енергія проростання, лабораторна схожість) зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання, сорту та оброблення препаратами для оптимізації ростових процесів культури. **Методи.** Лабораторний, фізичний, аналітичний, статистичний. **Результати.** За зберігання зерна сорго цукрового впродовж 1-го року енергія проростання становила – 61–75 % залежно від сорту. Оброблення зернівок сорго цукрового біопрепаратом дозволило підвищити енергію проростання до 73–75 % та тривалість зберігання до 5-ти років. Найвищий показник енергії проростання має зерно сорту 'Медовий'. Лабораторна схожість зерна сорго цукрового змінювалась залежно від тривалості зберігання, оброблення препаратами і сорту. Так, найвищу лабораторну схожість мали зернівки 1–2 років зберігання незалежно від сорту та оброблення препаратами. З подовженням тривалості зберігання зазначений показник істотно знижувався. За відсутності оброблення зерна у сорту 'Медовий' лабораторна схожість

знижувалась до 27 % або на 67 % після 10-ти років порівняно з першим роком зберігання. У сорту 'Нектарний' – до 25 % або на 69 %, сорту 'Силосний 42' – до 22 %, або на 73 %. Оброблення зерна сорго цукрового біопрепаратом Фітоцид-Р підвищувало лабораторну схожість до 83–87 % або на 4–7 % порівняно з варіантами без оброблення. Слід відзначити, що після оброблення зерна зазначеним препаратом схожість була високою навіть після 5-ти років зберігання – 70–75 % проти 56–61 % у варіантах без оброблення. Однак зберігання зерна сорго цукрового впродовж 10 років знижувало його схожість на 68 % у сорту 'Медовий', на 77 у сорту 'Силосний 42' і на 79 % у сорту 'Нектарний'. Результати дисперсійного аналізу підтвердили, що на посівні властивості зерна сорго цукрового найбільше впливали фактори тривалість зберігання та оброблення його препаратами, оскільки парціальний коефіцієнт був найвищим – 0,83–0,99. Достовірно найменше на ці показники впливав фактор особливості сорту – 0,49–0,55. Найбільший вплив мала взаємодія чинників ВС – 0,59–0,76, інші комбінації були найменшими – 0,06–0,29. **Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено вплив тривалості зберігання та оброблення зерна сорго цукрового на енергію проростання і лабораторну схожість залежно від сорту. Виявлено, що посівні властивості сорго цукрового досліджених сортів низькі навіть за нетривалого зберігання. Лабораторна схожість після 1-го року зберігання становить 80–81 %, енергія проростання – 61–67 % залежно від сорту без оброблення зерна. Застосування біопрепарату Фітоцид-Р підвищує зазначені показники відповідно до 83–87 % і 73–75 %. Лабораторну схожість  $\geq 50$  % забезпечує зберігання зерна сорго цукрового впродовж 4-х років. Енергія проростання становить 47–54 % залежно від сорту. Оброблення зерна біопрепаратами дозволяє продовжити тривалість зберігання до 6-ти років за енергії проростання 50–54 %. Оптимально для виробництва насіння сорго цукрового та його зберігання використовувати сорт 'Медовий', який має найвищі посівні властивості з обробленням зерна біопрепаратом. Лабораторна схожість становить 65–87 %, енергія проростання – 54–75 % залежно від тривалості зберігання.

**Ключові слова:** енергія проростання; лабораторна схожість; тривалість зберігання.

## Вступ

Зважаючи на сучасні економічні реалії, рослинницька продукція повинна розцінюватися з позицій відповідності критеріям її якості. Основними показниками якості насіння сорго є енергія його проростання та схожість. Якість насіння – це сукупність ознак і властивостей, що характеризують його відповідність встановленим вимогам як до посівного матеріалу [1]. Використання насіння високої якості робить сільськогосподарську культуру високотехнологічною, високоприбутковою та конкурентоспроможною на світовому ринку [2]. Посівні якості загалом формуються за створення сортів і гібридів, вирощування їх насіння та за передпосівної підготовки на насінневих заводах.

Енергія проростання – це дуже чутливий показник, що характеризує швидкість проростання насіння, і якщо порушена технологія вирощування насіння, післязбиральної і передпосівної підготовки та зберігання, цей фактор інтенсивно знижується порівняно зі схожістю. Численними дослідженнями встановлено, що насіння з високою енергією проростання дає дружніші і рівномірніші сходи, ніж насіння з однаковою схожістю, але з низькою енергією проростання.

Останнім часом в прогресивних технологіях виробництва сільськогосподарських культур все більше уваги приділяється питанню застосування в агрофітоценозах біологічно-активних речовин – природних і синтетичних стимуляторів росту рослин, котрі за мінімальних витратних норм спроможні радикальним чином змінити інтенсивність і вектори ростових і продуктивних процесів фітоорганізму [3].

Шляхом адресного застосування тієї чи іншої рістрегулювальної сполуки реально можна покращити комплекс адаптивних властивостей культури, регулювати ростові процеси та механізм утворення і накопичення запасних речовин (цукрів, жиру, білку тощо) [4, 5].

Розглядаючи механізм дії регуляторів росту рослин, слід зазначити, що потрапляючи на

поверхню рослинної тканини, вони досить швидко транспортуються в її клітини і взаємодіють із білками та рецепторами фітогормонів, впливають на конформаційний стан хроматину, підвищуючи його доступність до ендогенних РНК полімераз [6]. Під впливом цих перетворень активізується синтез рибонуклеїнової кислоти, білків, в результаті чого посилюються ростові процеси у рослин [7–9].

У країнах Західної Європи більшість посівів зернових культур щорічно обробляють комплексом біорегуляторів росту рослин, що забезпечує підвищення їх продуктивності на 15–30 % [10, 11]. На думку вчених, частка біологічних факторів інтенсифікації рослинництва в найближчому майбутньому становитиме 50 % приросту та якості врожаю [11, 12]. Дослідження впливу на ріст регулювальних речовин проводилось з багатьма сільськогосподарськими культурами. Зазвичай усі наукові праці стосуються їх впливу на ріст, розвиток та продуктивність рослин [15–18]. Так, у працях [3–5] досліджено ріст і розвиток рослин сорго цукрового залежно від застосування регуляторів росту та доведено високу їх ефективність під час росту та розвитку рослин сорго. У дослідженнях [7–9] за оброблення насіння поліетиленгліколем стимулювалась ферментативна система антиоксидантного захисту, що, в свою чергу, призводить до стабілізації перекисних процесів у проростках рослин. Встановлено, що застосування регуляторів росту сприяло збільшенню вмісту сухих речовин, цукрів, аскорбінової кислоти, хлорофілу, а також підвищенню активності пероксидази та інтенсивності фотосинтезу [4, 5].

Проте недостатньо висвітлено дослідження впливу регуляторів росту на схожість та енергію проростання насіння сорго цукрового залежно від тривалості зберігання зерна культури, сорту та оброблення препаратами.

Аналіз наукових джерел стосовно властивостей зерна за різного терміну зберігання показав, що інтенсивність усіх фізіологічних процесів, що відбуваються у ньому, залежить від одних і тих самих чинників, найважливішими серед яких є: вологість зернової маси та вміст вологи у довкіллі (повітрі, елементах конструкції сховища, тари і т.д.); температура зерна й оточуючого його середовища; доступ повітря [19–22]. Отже, враховуючи вище викладене, виявлення впливу регуляторів росту на енергію проростання та схожість насіння сорго цукрового за тривалого терміну зберігання на сьогодні є актуальне.

*Мета досліджень* – дослідити посівні властивості (енергія проростання, лабораторна схожість) зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання, сорту та оброблення препаратами для оптимізації ростових процесів культури.

### **Матеріали і методика досліджень**

Дослідження щодо визначення посівних властивостей зерна сорго цукрового проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. У дослідах використовували зерно сорго цукрового сортів 'Силосне 42', (оригінація – Інститут зернового господарства УААН (нині Інститут сільського господарства степової зони НААН) та сорт 'Нектарний' та гібрид 'Медовий' (оригінація – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннізнавства та сортовивчення НААН), які занесено до Державного реєстру сортів рослин України.

Оброблення зерна проводили біопрепаратом Фітоцид-Р і регулятором росту рослин Гуміфілд, які під час проведення експерименту були у переліку дозволених пестицидів для використання в Україні. Гуміфілд (гумат калію), або стимулятор росту рослин, – натуральний природний продукт, що має високий вміст гумінових кислот. Вироблений німецькою компанією Humintech GmbH зі спеціального виду бурого вугілля. Хімічна група: регулятор росту. Діюча речовина: калієва сіль гумінових кислот 560–720 г/кг. Препаративна форма: водорозчинні гранули. Фітоцид-Р (біопрепарат, діючою основою якого є клітини природних ендоситних бактерій *Bacillus subtilis*. Виробник БТУ-Центр ПП (Україна).

Зерно зберігали без доступу повітря від 1 до 10 років з інтервалом 1 рік. Повторність досліду триразова. Посівні властивості визначали за ДСТУ 4138–2002 [22]. Статистичне оброблення даних здійснювали за допомогою програм Microsoft Excel 2010 і STATISTICA 12

[23]. Трактування рівня впливу за коефіцієнтом (правило великого пальця – Коен): 0,02–0,13 – слабкий, 0,13–0,26 – середній,  $\geq 0,26$  – високий.

Під час проведення дисперсійного аналізу підтверджували або спростовували «нульову гіпотезу». Для цього визначали значення коефіцієнта «р», який показував ймовірність відповідної гіпотези. У випадках, коли  $p < 0.05$ , «нульова гіпотеза спростовувалась, а вплив фактора був достовірним [24].

### Результати досліджень

Тенденція енергії проростання зерна сорго цукрового змінювалась залежно від тривалості зберігання, оброблення препаратами та сортового сортименту (табл. 1).

Так, після одного року зберігання зазначений показник становив 67 % у гібриду 'Медовий', 62 – у сорту 'Нектарний' та 61 % – у сорту 'Силосний 42'. Слід відзначити, що після 2-го та 3-го років зберігання енергія проростання знижувалась лише на 6–10 % порівняно з першим роком. Проте впродовж тривалого зберігання енергія проростання знижувалась істотно. Найнижчим цей показник був після 10-го року зберігання і становив 13–21 %, або на 68–79 % нижчим порівняно з першим роком.

Застосування біопрепарату Фітоцид-Р істотно впливало на енергію проростання ( $HP_{05} = 1$ ). Оброблення зерна сорго цукрового біопрепаратом Фітоцид-Р підвищувало енергію проростання до 75 %, або на 2–3 %, у гібриду 'Медовий' та сорту 'Нектарний', до 73 %, або на 8 %, у сорту 'Силосний 42'.

Таблиця 1

**Енергія проростання зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання та оброблення препаратами, %**

Сорт, гібрид (чинник А)	Тривалість зберігання, рік (чинник В)									
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оброблення зерна водою (чинник С)										
Медовий	67	65	63	58	54	48	38	33	25	21
Нектарний	62	60	57	54	50	46	36	32	25	20
Силосний 42	61	58	55	52	47	44	32	27	18	13
Фітоцид-Р										
Медовий	75	73	70	65	60	54	45	40	35	25
Нектарний	73	70	67	61	56	50	43	40	33	20
Силосний 42	75	73	70	63	55	50	41	35	31	15
Гуміфілд										
Медовий	67	63	60	56	52	47	43	36	27	18
Нектарний	65	60	57	52	49	43	38	33	24	14
Силосний 42	61	60	55	50	46	41	36	31	21	10
$HP_{05}$	A = 1; B = 1; C = 1; ABC = 3									
$p = 0.002$										

З подовженням терміну зберігання енергія проростання знижувалась. Найнижчою була після 10-ти років зберігання і становила всього 15–25 % залежно від сортового сортименту, або на 67–80 % менше порівняно з контролем (оброблення зернівок водою). Слід відзначити, що після зберігання зерна впродовж 4-х років енергія проростання насіння становила 61–65 %. Оброблення регулятором росту рослин Гуміфілд не вплинуло на енергію проростання зерна сорго цукрового. Виявлено, що динаміка даного показника впродовж тривалого зберігання була подібною варіантам контролю. Очевидно, що застосування цього регулятора росту неефективне на цій культурі або його необхідно дослідити детальніше.

Отже, зерно сорго цукрового має низьку енергію проростання навіть за зберігання впродовж 1-го року – 61–75 % залежно від сортового сортименту. Оброблення зерна сорго цукрового біопрепаратом дозволить підвищити енергію проростання до 61–75 % за

тривалості зберігання до 5-ти років. Дослідженнями встановлено, що найвищий показник енергії проростання має зерно гібриду 'Медовий' за даного терміну зберігання.

Тенденція лабораторної схожості зерна сорго цукрового була подібною до енергії проростання (табл. 2).

Таблиця 2

**Лабораторна схожість зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання і оброблення препаратами, %**

Сорт (чинник А)	Тривалість зберігання, рік (чинник В)									
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оброблення зерна водою (чинник С)										
Медовий	81	81	76	68	61	57	55	43	36	27
Нектарний	80	80	75	64	58	54	51	41	36	25
Силосний 42	80	80	73	61	56	53	46	36	32	22
Фітоцид-Р										
Медовий	87	85	83	80	75	65	54	43	40	28
Нектарний	85	80	78	75	72	63	53	42	32	18
Силосний 42	83	80	78	73	70	61	50	40	31	19
Гуміфілд										
Медовий	78	76	73	68	57	51	46	36	27	24
Нектарний	76	75	71	66	55	47	40	34	26	20
Силосний 42	72	71	70	65	54	44	36	31	21	17
НІР <sub>05</sub>	А = 1; В = 2; С = 1; АВС = 4									
р = 0.002										

Так, найвищу лабораторну схожість мали зернівки 1–2 років зберігання, незалежно від сортового сортименту та оброблення препаратами. З продовженням тривалості зберігання зазначений показник істотно знижувався. За умови без оброблення зерна у гібриду 'Медовий' лабораторна схожість знижувалась до 27 %, або на 67 %, після 10-ти років порівняно з першим роком зберігання. У сорту 'Нектарний' – до 25 %, або на 69 %, сорту 'Силосний 42' – до 22 %, або на 73 %.

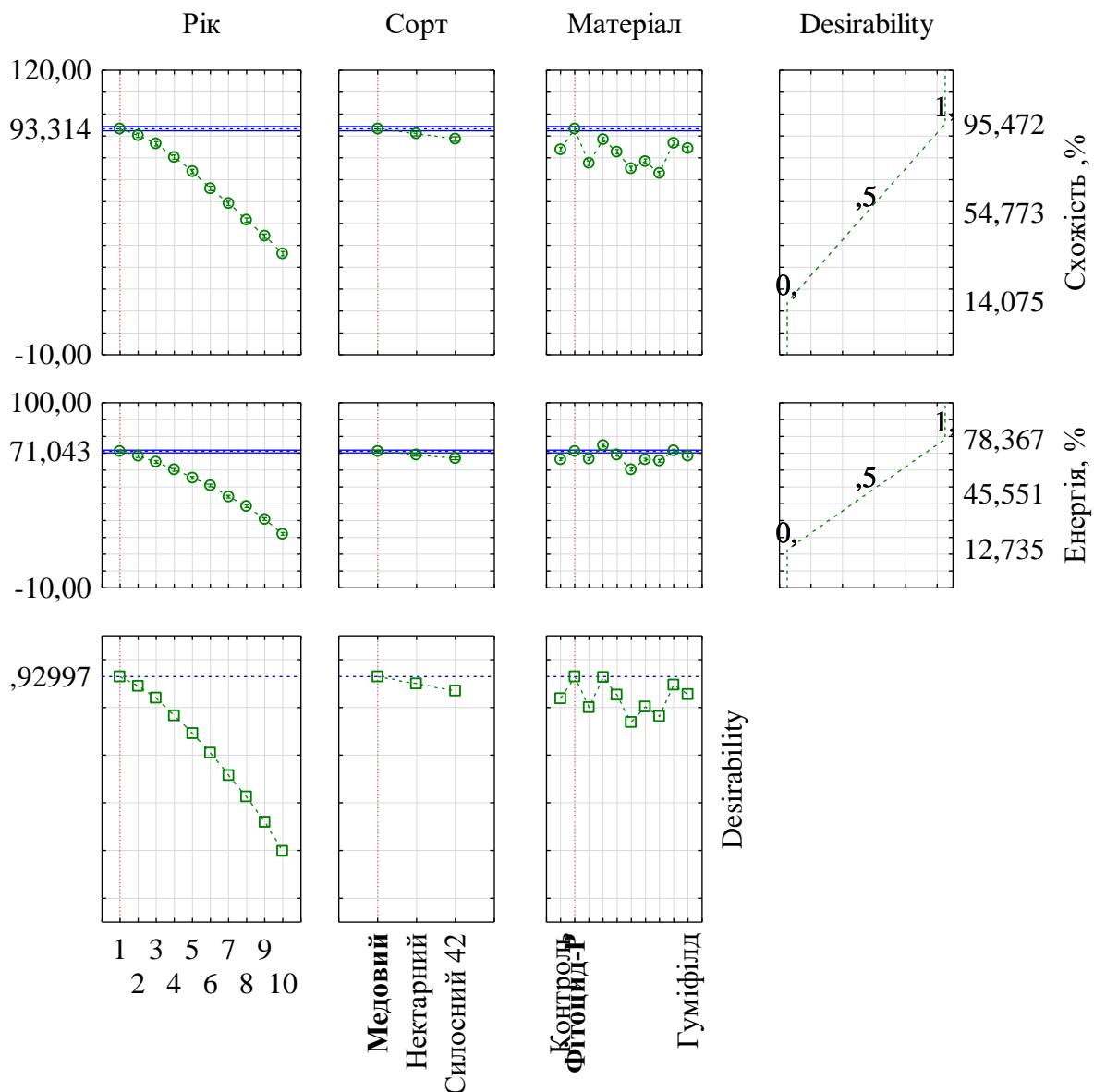
Оброблення зерна сорго цукрового біопрепаратом Фітоцид-Р підвищувало лабораторну схожість до 83–87 %, або на 4–7 %, порівняно з контрольними варіантами. Слід відзначити, що після оброблення зернівок зазначеним препаратом схожість була високою навіть після 5-ти років зберігання і становила 70–75 % проти 56–61 % у варіантах контролю. Проте зберігання зерна сорго цукрового впродовж 10 років знижувало його схожість на 68 % у гібриду 'Медовий', на 77 у сорту 'Силосний 42' і на 79 % у сорту 'Нектарний'. Оброблення зерна сорго цукрового регулятором росту рослин Гуміфілд істотно знижувало його схожість (НІР<sub>05</sub>=1). Так, у перший рік зберігання зазначений показник становив 72–78 %, або менше на 4–10 %, як у сортів, так і у гібрида порівняно з варіантами контролю. Впродовж зберігання зерна сорго схожість значно знижувалась і найнижчою була після 10-ти років і становила всього 17–24 % залежно від сортового сортименту. Очевидно, що регулятор росту рослин Гуміфілд потребує детальнішого вивчення щодо оптимальних норм препарату. Отже, якщо не застосовувати оброблення зернівок сорго цукрового біопрепаратами, то тривалість його зберігання може становити до чотирьох років зі схожістю 61–68 % залежно від сортового сортименту. За умови оброблення біопрепаратом Фітоцид-Р тривалість зберігання зерна можна подовжити до 5–6 років з показниками схожості 61–75 %. Із дослідженого сортового сортименту оптимально використовувати гібрид 'Медовий', оскільки його зерно має найвищу схожість, що обумовлено його біологічною особливістю.

Результати дисперсійного аналізу підтвердили, що на посівні властивості зерна сорго цукрового найбільше впливали тривалість зберігання та оброблення його препаратами, оскільки парціальний коефіцієнт був найвищим – 0,83–0,99 (табл. 3).

**Парціальний коефіцієнт впливу досліджених чинників  
на посівні властивості зерна сорго цукрового**

Чинник	Показник (Достовірно за $p \leq 0,05$ )	
	Лабораторна схожість	Енергія проростання
B	0,99	0,98
C	0,92	0,83
A	0,55	0,49
BC	0,76	0,59
AB	0,07	0,06
AC	0,11	0,23
ABC	0,29	0,24

Достовірно найменше на ці показники впливали особливості сорту – 0,49–0,55. Найбільше впливала взаємодія чинників BC – 0,59–0,76, інші комбінації були найменшими – 0,06–0,29. Статистично підтверджено, що оптимально використовувати сорго цукрове гібриду 'Медовий', який достовірно має найвищу енергію проростання та лабораторну схожість (рис.).



**Рис. Оптимізація вибору сорту (гібриду) та препарату для забезпечення високих показників посівних якостей зерна сорго цукрового**

Оброблення зерна цього гібриду біопрепаратом достовірно підвищує показники якості насіння та подовжує термін зберігання.

### Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено енергію проростання та лабораторну схожість зерна сорго цукрового за впливу тривалості його зберігання, оброблення препаратами та сортового сортименту культури. Виявлено, що посівні якості сорго цукрового досліджених сортів та гібриду знижуються навіть за нетривалого зберігання зерна. Лабораторна схожість після 1-го року зберігання сорго цукрового становить 80–81 %, енергія проростання – 61–67 % без застосування біопрепаратів. Застосування біопрепарату Фітоцид-Р підвищував якісні показники до 83–87 % і 73–75 % відповідно. Лабораторну схожість  $\geq 50$  % забезпечує зберігання зерна сорго цукрового впродовж 4-х років. Енергія проростання становить 47–54 % залежно від сорту. Оброблення зерна біопрепаратами дозволяє продовжити тривалість зберігання до 6-ти років за енергії проростання 50–54 %. Оптимально для виробництва насіння сорго цукрового використовувати сорт Медовий, який має найвищі посівні властивості з обробленням зерна біопрепаратом. Лабораторна схожість становить 65–87 %, енергія проростання – 54–75 % залежно від тривалості зберігання.

### Використана література

1. Буряки цукрові. Терміни та визначення понять : ДСТУ 2153-2006. На зміну ДСТУ 2153–93. [Введ. з 01.07.2007] . Київ : Держпоживстандарт України, 2007. 51 с.
2. Сторожик Л. І. Урожайність та якість насіння сорго цукрового залежно від строків сівби і сортових особливостей. *Агробіологія*. 2012. Вип. 7. С. 61–64.
3. Бойко М. О. Обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування сорго зернового в умовах Півдня України. *Sciences of Europe: Global science center LP*. 2016. Vol. 4 (5). P. 62–65.
4. Сторожик Л. І., Музика О. В. Формування структурних показників урожаю сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування. *Новітні агротехнології*. 2017. № 5. URL: <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.143946>
5. Музика О. В. Фотосинтетичні параметри гібридів сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту в умовах Центрального Лісостепу України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 79–85.
6. Abu-Muriefah S.S. Phytohormonal priming improves germination and antioxidant enzymes of soybean (*Glycine max*) seeds under lead (Pb) stress. *Biosci Res*. 2017. Vol. 14, Iss. 1. P. 42–56.
7. Hafezian S. M. et al. High-efficiency purification of sulforaphane from the broccoli extract by nanostructured SBA-15 silica using solid-phase extraction method. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 2019. Vol. 1108. P. 1–10.
8. Єременко О. А. Вплив обробки рослин сояшнику регуляторами росту на посівні якості насіння при його зберіганні. *Вісник Житомирського НАЕУ*. 2016. Вип. 2. С. 126–135.
9. Ali A. et al. Functional characterization of a soybean growth stimulator *Bradyrhizobium* sp. strain SR-6 showing acylhomoserine lactone production. *FEMS Microbiol Ecol*. 2016. Vol. 92, Iss. 9. P. 311–322.
10. Жученко А.А. Адаптационный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинев: Штиинца, 1999. 768 с.
11. Евчук М. В. Влияние биологически активных препаратов на продуктивность зернового сорго. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. Вып. 94. С. 1–10.
12. Евчук М. В. Влияние обработки семян сорго препаратом Прорастин на рост и развитие растений на светло-каштановых почвах Калмыкии. *Теоретические и прикладные проблемы АПК Москва*. 2013. Вып. 4. С. 15–17.
13. Zhang Y. et al. Anthocyanin Accumulation and Molecular Analysis of Correlated Genes in Sorgo. *J. Agric. Food Chem*. 2015. Vol. 63, Iss. 6. P. 4160–4169.

14. Евчук М. В., Балинова Т. А. Влияние орошения и обработки семян сорго препаратом Прорастин на продуктивность растений на светло-каштановой почве Калмыкии. *Агрономия и лесное хозяйство*. 2013. № 40. С. 71–73.
15. Евчук М. В., Балинова Т. А. Особенности роста и развития сахарного сорго при действии биологически активных препаратов на светло-каштановой почве. *Агро XXI*. 2014. № 10–12. С. 33–34.
16. Оконов М. М., Джиргалова Е. А., Балинова Т. А., Евчук М. В. Особенности формирования урожая сорговых культур в сухостепной зоне Калмыкии при орошении в зависимости от применения удобрений и стимуляторов роста. *Теоретические и прикладные проблемы АПК*. 2014. № 4. С. 6–12.
17. Оконов М. М., Евчук М. В. Влияние стимуляторов роста Альбита и Полистина на продуктивность зернового сорго. *Агрономия и лесное хозяйство*. 2014. № 45. С. 29–31.
18. Ali A. et al. Functional characterization of a soybean growth stimulator Bradyrhizobium sp. strain SR-6 showing acylhomoserine lactone production. *FEMS Microbiol Ecol*. 2016. Vol. 92, Iss. 9. P. 311–322.
19. Rahim M. A. et al. Identification and Characterization of Anthocyanin Biosynthesis-Related Genes in Sorgho. *Appl Biochem Biotechnol*. 2018. Vol. 184, Iss. 4. P. 1120–1141.
20. Макаров Л. Х. Соргові культури. Херсон : Айлант, 2006. 264 с.
21. Яланський О. В., Самойленко А. Т., Федоренко Е. М. Насіння соргових культур. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 4. С. 32–41.
22. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ 4138–2002. [Чинний від 2002-01-01]. Київ : Держпоживстандарт України, 2002. 157 с.
23. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
24. Litun P., Kirichenko V., Petrenkova V., Kolomatska V. Systematic analysis in field crop selection. Kharkiv : Margha LTD, 2009. 351 p.

## References

1. *Buriaky tsukrovi. Terminy ta vyznachennia poniat: DSTU 2153-2006*. Kyiv: Derzhpozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
2. Storozhyk, L. I. (2012). Urozhainist ta yakist nasinnia sorho tsukrovoho zalezho vid strokiv sivby i sortovykh osoblyvostei. *Ahrobiolohiia*, 7, 61–64. [in Ukrainian]
3. Boyko, M. O. (2016). Substantiation of agrotechnical methods of grain sorghum cultivation in the conditions of the South of Ukraine. *Sciences of Europe: Global science center LP*, 4(5), 62–65. [in Ukrainian]
4. Musyka, O. V. (2018). Photosynthetic parameters of hybrids of sugar sorghum depending on the row spacing, seeding rate and growth regulator treatment in the Central Forest Steppe of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats' Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv NAAN Ukrayiny* [Proceedings of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine], 26, 79–85. [in Ukrainian]
5. Storozhyk, L. I., & Musyka, O. V. (2017). Formation of structural indicators of sugar sorghum crop depending on the elements of cultivation technology. *Novitni ahrotekhnolohiyi* [Advanced agritechnologies], 5. URL: <https://doi.org/10.21498/na.5.2017.143946>. [in Ukrainian]
6. Abu-Muriefah, S. S. (2017). Phytohormonal priming improves germination and antioxidant enzymes of soybean (*Glycine max*) seeds under lead (Pb) stress. *Biosci Res*, 14(1), 42–56.
7. Hafezian, S. M. et al. (2019). High-efficiency purification of sulforaphane from the broccoli extract by nanostructured SBA-15 silica using solid-phase extraction method. *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.*, 1108, 1–10.
8. Eremenko, O. A. (2016). Influence of sunflower plant treatment by growth regulators on sowing quality of seeds during its storage. *Visnyk Zhytomyr's'koho NAEU* [Bulletin of Zhytomyr NAEU], 2, 126–135. [in Ukrainian]

9. Ali, A. et al. (2016). Functional characterization of a soybean growth stimulator *Bradyrhizobium* sp. strain SR-6 showing acylhomoserine lactone production. *FEMS Microbiol Ecol*, 92(9), 311–322.
10. Zhuchenko, A. A. (1999). *Adaptacionnyj potencial kul'turnyh rastenij (jekologo-geneticheskie osnovy)* [Adaptation potential of cultivated plants (ecological and genetic bases)]. Chisinau: Stiinza. [in Russian]
11. Evchuk, M. V. (2013). Influence of biologically active drugs on grain sorghum productivity. *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University], 94(10), 1–10. [in Russian].
12. Evchuk, M. V. (2013). The effect of treatment of sorghum seeds with the drug Prorastin on the growth and development of plants on light chestnut soils in Kalmykia. *Teoreticheskie i prikladnye problemy APK Moskva* [Theoretical and applied problems of Moscow agro-industrial complex], 4(17), 15–17. [in Russian].
13. Zhang, Y. et al. (2015). Anthocyanin Accumulation and Molecular Analysis of Correlated Genes in Sorgho. *J Agric Food Chem*, 63(16), 4160–4169.
14. Evchuk, M. V., & Balinova, T. A. (2013). Influence of irrigation and treatment of sorghum seeds with the drug Prorastin on plant productivity on light chestnut soil of Kalmykia. *Agronomija i lesnoe hozjajstvo* [Agronomy and forestry], 40, 71–73. [in Russian].
15. Evchuk, M. V., & Balinova, T. A. (2014). Features of growth and development of sugar sorghum under the action of biologically active drugs on light chestnut soil. *Agro XXI* [Agro XXI], 10–12, 33–34. [in Russian]
16. Okonov, M. M., Dzhirgalova, E. A., Balinova, T. A., & Evchuk, M. V. (2014). Peculiarities of sorghum crop formation in the dry-steppe zone of Kalmykia under irrigation depending on the application of fertilizers. *Teoreticheskie i prikladnye problemy APK* [Theoretical and applied problems of agro-industrial complex], 4(21), 6–12. [in Russian]
17. Okonov, M. M., & Evchuk, M. V. (2014). Influence of Albit and Polystin growth stimulants on grain sorghum productivity. *Agronomija i lesnoe hozjajstvo* [Agronomy and forestry], 45, 29–31. [in Russian]
18. Ali, A. et al. (2016). Functional characterization of a soybean growth stimulator *Bradyrhizobium* sp. strain SR-6 showing acylhomoserine lactone production. *FEMS Microbiol Ecol*, 92(9), 311–322.
19. Rahim, M. A. et al. (2018). Identification and Characterization of Anthocyanin Biosynthesis-Related Genes in Sorgho. *Appl Biochem Biotechnol*, 184(4), 1120–1141.
20. Makarov, L. H. (2006). *Sorgovi kul'tury* [Sorghum crops]. Kherson: Ailand. [in Ukrainian]
21. Yalansky, O. V., Samoilenko, A. T., & Fedorenko, E. M. (2014). Seeds of sorghum crops. *Agrobiznes s`ogodni* [Agribusiness today], 4, 32–41. [in Ukrainian].
22. *Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality: State Standart 4138–2002.* (2002). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
23. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in the package STATISTICA 6.0.* Kyiv: PoligrafConsulting. [in Ukrainian]
24. Litun, P., Kirichenko, V., Petrenkova, V., & Kolomatska, V. (2009). *Systematic analysis in field crop selection.* Kharkiv: Margha LTD. [in Ukrainian]

УДК 633.17:631.527.5:631.5(477.7)

**Сторожик Л. И.<sup>1\*</sup>, Войтовская В. И.<sup>1</sup>, Любич В. В.<sup>2\*</sup>, Рогальский С. В.<sup>2</sup>** Посевные свойства зерна сорго сахарного в зависимости от продолжительности его хранения и обработки препаратами // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. Вып. 28. С. 129–139.

<sup>1</sup>Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, \*e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com

<sup>2</sup>Уманський національний університет садоводства, ул. Інститутська, 1, г. Умань, Черкасска обл., 20305, Україна, \*e-mail: LyubichV@gmail.com

**Цель.** Исследование посевных качеств (энергия прорастания, лабораторная всхожесть) зерна сорго сахарного в зависимости от продолжительности хранения, сорта и обработки препаратами для оптимизации элементов технологии производства семян. **Методы.** Лабораторный, физический, аналитический, статистический. **Результаты.** При хранении зерна сорго сахарного в течение 1-го года энергия прорастания составляла 61–75 % в зависимости от сорта. Обработка зерновок сорго сахарного биопрепаратом позволило повысить энергию прорастания до 73–75 % и срок хранения до 5-ти лет. Самый высокий показатель энергии прорастания имеет зерно сорта 'Медовый'. Лабораторная всхожесть зерна сорго сахарного изменялась в зависимости от продолжительности хранения, обработки препаратами и сорта. Так, самую высокую лабораторную всхожесть имело зерно 1–2 лет хранения независимо от сорта и обработки препаратами. При увеличении продолжительности хранения этот показатель существенно снижался. В варианте без обработки зерна у сорта 'Медовый' лабораторная всхожесть снижалась до 27 %, или на 67 %, после 10 лет по сравнению с первым годом хранения. У сорта 'Нектарный' – до 25 %, или на 69 %, сорта 'Силосный 42' – до 22 %, или на 73 %. Обработка зерна сорго сахарного биопрепаратом Фитоцид-Р повышало лабораторную всхожесть до 83–87 %, или на 4–7 %, по сравнению с вариантами без обработки. Следует отметить, что после обработки зерна препаратом всхожесть была высокой даже после 5 лет хранения – 70–75 % против 56–61 % в вариантах без обработки. Однако хранение зерна сорго сахарного на протяжении 10 лет также снижало его всхожесть на 68 % у сорта 'Медовый', на 77 у сорта 'Силосный 42' и на 79 % у сорта 'Нектарный'. Зерно сорго сахарного имеет низкую энергию прорастания даже при хранении в течение одного года – 61–75 % в зависимости от сорта. Обработка зерна сорго сахарного биопрепаратом позволит повысить энергию прорастания до 61–75 % и срок хранения до 5-ти лет. Самый высокий показатель энергии прорастания имеет зерно сорта 'Медовый'. Результаты дисперсионного анализа подтвердили, что на посевные свойства зерна сорго сахарного наибольшее влияние оказывает продолжительность хранения и обработки его препаратами, поскольку парциальный коэффициент был самым высоким – 0,83–0,99. Достоверно меньше на эти показатели влияли особенности сорта – 0,49–0,55. Больше влияло взаимодействие факторов ВС – 0,59–0,76, другие комбинации были наименьшими – 0,06–0,29. **Выводы.** В результате проведенных исследований выявлено влияние продолжительности хранения и обработки зерна на лабораторную всхожесть и энергию прорастания в зависимости от сорта сорго сахарного. Установлено, что посевные свойства сорго сахарного исследованных сортов низкие даже после хранения на протяжении одного года. Лабораторная всхожесть после одного года хранения составляет 80–81 %, энергия прорастания – 61–67 % в зависимости от сорта без обработки зерна. Применение биопрепарата Фитоцид-Р повышает эти показатели соответственно к 83–87 % и 73–75 %. Лабораторную всхожесть  $\geq 50$  % обеспечивает хранение зерна сорго сахарного на протяжении 4-х лет. Энергия прорастания составляет 47–54 % в зависимости от сорта. Обработка зерна биопрепаратами позволяет продлить срок хранения до 6-ти лет при энергии прорастания 50–54 %. Подходит для производства семян сорго сахарного сорт 'Медовый', который имеет высокие посевные свойства с обработкой зерна биопрепаратом. Лабораторная всхожесть составляет 65–87 %, энергия прорастания – 54–75 % в зависимости от продолжительности хранения.

**Ключевые слова:** лабораторная всхожесть; энергия прорастания; сорго сахарное.

UDC 633.17:631.527.5:631.5(477.7)

**Storozhyk, L. I.<sup>1\*</sup>, Voitovska, V. I.<sup>1</sup>, Liubych, V. V.<sup>2\*</sup>, & Rohalskyi, S. V.<sup>2</sup>** (2020). Sowing characteristics of sugar sorghum grain depending on storage duration and treatment with preparations. *Nauk. pracі Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burákiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 28, 129–139. [in Ukrainian]

<sup>1</sup>*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com*

<sup>2</sup>*Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine*

**Purpose.** Investigation of sowing characteristics (laboratory germination, germination energy) of sugar sorghum grain depending on storage duration, variety and treatment with preparations to optimize the elements of seed production technology. **Methods.** Laboratory, physical, analytical, statistical. **Results.** During storage for the first year of sugar sorghum grain germination energy was 61–75 % depending on the variety. Treatment of sugar sorghum grains with biological preparation allowed to increase the germination energy to 73–75 % and storage time up to 5 years. The highest germination energy has grain of ‘Medovyi’ variety. Laboratory germination of sugar sorghum grain varied depending on the storage duration, treatment with the preparations and the variety. Thus, the highest laboratory germination was found after 1–2 years of storage, irrespective of the variety and treatment with preparations. With prolonged storage time, this indicator decreased significantly. Under the condition without grain treatment in ‘Medovyi’ variety, laboratory germination decreased to 27 % or by 67 % after 10 years compared to the first year of storage. In ‘Nectarnyi’ variety it decreased up to 25 % or by 69 %, in ‘Sylosne 42’ variety up to 22 % or by 73 %. Treatment of sorghum grain with the Phytocide-R biological formulation increased the laboratory germination up to 83–87 % or by 4–7 % compared to the variants without treatment. It should be noted that after grain treatment with this preparation, germination was high even after 5 years of storage, 70–75 % compared to 56–61 % in non-treatment variants. However, storage of sugar sorghum grain for 10 years also reduced its germination by 68 % in ‘Medovyi’, by 77 % in ‘Sylosne 42’ and by 79 % in ‘Nectarnyi’ varieties. The results of dispersion analysis confirmed that the sowing characteristics of sugar sorghum grain were mostly influenced by the storage duration and treatment with preparations, since the eta-partial coefficient was the highest, 0.83–0.99. The variety characteristics, 0.49–0.55, had the least effect on these indicators. The interaction of BC factors mostly influenced by 0.59–0.76, the other combinations were the smallest, 0.06–0.29. **Conclusions.** As a result of conducted researches, the influence of storage duration and grain processing on the laboratory germination and germination energy depending on the variety of sugar sorghum was revealed. It has been established that the sowing characteristics of sugar sorghum of the studied varieties are low even for a long-term storage. Laboratory germination after 1 year of storage is 80–81 %, germination energy is 61–67 % depending on the variety with no grain treatment. The use of Phytocide-R biological preparation raises these indicators up to 83–87 % and 73–75 % respectively. Laboratory germination of  $\geq 50$  % ensures the storage of sugar sorghum grain for 4 years. Germination energy was 47–54 % depending on the variety. Grain treatment with biological preparations allows to extend the storage time up to 6 years with germination energy of 50–54 %. It is optimal for the production of sugar sorghum seeds to use ‘Medovyi’ variety, which has the highest sowing characteristics and grain treatment with biological preparation. Laboratory germination is 65–87 %, germination energy is 54–75 % depending on the storage duration.

**Keywords:** *laboratory germination; germination energy; sugar sorghum.*

*Надійшла / Received 12.02.2020*

*Погоджено до друку / Accepted 26.02.2020*