

УДК 633174:631.5

Якість, польова схожість насіння та фенольні профілі сучасних гібридів сорго цукрового

 І. С. Терещенко,  Л. І. Сторожик*

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

Мета. Установити та проаналізувати біологічні особливості якісних показників насіння та польову схожість і фітохімічну складову сучасних гібридів сорго цукрового 'Sugargraze ARG' (Аргентина), 'Sioux', 'Mohawk' (США) та 'Ананас' (Україна). **Методи.** Використовували фізіолого-біохімічні, агрохімічні та статистичні методи. Уміст фітохімічних речовин у насінні досліджуваних гібридів сорго цукрового визначали методом екстрагування. **Результати.** У досліджуваних гібридів сорго встановлена висока концентрація основних фенольних профілів насіння, а кількісна складова залежала від забарвлення перикарпію зернівки, яка впливала на якісні показники проростання та польову схожість насіння. У гібрида 'Sioux', який мав темно-коричневе забарвлення перикарпію і найвищий уміст поліфенольних профілів (50,4 %), енергія проростання, лабораторна та польова схожість насіння були низькими і становили відповідно 84, 90 та 80 %. Високий рівень зазначених показників сформував гібрид 'Ананас' з найнижчим умістом фенольних профілів (38,1%) та з непігментованим перикарпієм, який мав енергію проростання, лабораторну та польову схожість відповідно 96, 98 та 89%. Гібриди 'Sugargraze ARG' (світло-коричневе забарвлення зернівки) та 'Mohawk' (рожеве забарвлення зернівки) мали показники енергії проростання 90 та 95 %, лабораторної схожості – 93 та 96 %, польової схожості – 82 та 81 % та відзначалися середнім умістом фенольних профілів – 45,7 та 42,5 % відповідно. **Висновки.** Гібрид американського походження 'Sioux', з високим умістом фенольних сполук у насінні, забезпечив збереженість рослин у фазі повних сходів на рівні 87 %, у вітчизняного гібрида 'Ананас' з найнижчим умістом фітохімічних сполук встановлено й найнижчий показник збереження (80 %) серед усіх досліджуваних гібридів. У 'Sugargraze ARG' та 'Mohawk' із середнім показником умісту фенолів показник збережених рослин у фазі повних сходів становив 84–85 %.

Ключові слова: енергія проростання; схожість; перикарпій; генотипи; фітохімічна складова.

Вступ

Запорукою отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур є використання високоякісного насіння нових високопродуктивних та конкурентоспроможних гібридів разом з дотриманням агротехніки їх вирощування.

Насіння є не лише носієм задатків продуктивності сорту чи гібрида, а й важливим елементом технології вирощування, що зумовлює реалізацію генетичного потенціалу гібриду в агрофітоценозі. Водночас, високий продуктивний потенціал найкращого сорту чи гібрида не може бути реалізований без використання якісного насіння [1]. Впровадження інтенсивних технологій вирощування зернових культур зумовило різке підвищення вимог до якості насіння і необхідність шукати шляхи його покращення. Для отримання повних, дружних та своєчасних сходів рослин насіння повинне мати високу енергію проростання та схожість, які регламентуються чинним стандартом щодо вимог до посівного матеріалу [2].

Проростання насіння – це морфологічний процес перетворення зародка в проросток з включенням всіх метаболічних механізмів взаємодії в агрофітоценозі [3]. Енергія проростання і схожість насіння є важливими показниками, які характеризують генотип сорго, придатність посівного матеріалу до сівби, визначення норми висіву в певних ґрунтово-кліматичних зонах вирощування.

Терещенко І. С., Сторожик Л. І. Якість, польова схожість насіння та фенольні профілі сучасних гібридів сорго цукрового. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.11.3.2023.288673>

Високі показники енергії проростання та схожості характеризують одночасність проростання насіння, розвиток проростків та спроможність сформувати повні сходи, які в наступні фази органогенезу культури забезпечують оптимальну густоту агрофітоценозу, хоча особливістю зазначених показників (маса 1000 насінин, енергія проростання, сила росту, вирівняність) є мінливість генотипів під впливом ґрунтово-кліматичних умов та агротехніки вирощування. Важливе значення має різниця між енергією проростання і схожістю, яка у високопродуктивних генотипів зазвичай невелика – 3–5 % [3].

Зерно (насіння) сорго складається з навколоплідника, сім'янки, ендосперму та зародка, який розташований між перикарпієм і ендоспермом, що є унікальним у зернах сорго та відмінним від інших зерен злаків [3]. Зернівка має округлу, сплюснуту форму. Зерно сорго містить пігментований (чорний, червоний, жовтий, коричневий) і непігментований перикарпій (білий) [4, 5].

За свідченнями Dykes та ін. [6], гени *R* і *Y* сприяють забарвленню перикарпію, наприклад, білий колір показаний, коли *Y* є гомозиготним рецесивним; жовтий колір показаний, коли *R* і *Y* є гомозиготними рецесивними та гомозиготними доміантними; червоний колір відображається, коли *R* і *Y* домінують. Маса 1000 зерен у сорго коливається в межах: від 17 до 50 г, але сучасні гібриди та районовані сорти мають значно меншу масу, яка становить всього 20–29 г [7].

Біологічно активні фенольні сполуки зерна сорго в основному розташовані в навколопліднику, кожурі, перикарпії та ендоспермі зернини, де вони пов'язані з некрохмальними полісахаридами, такими як целюлоза, геміцелюлоза, лігнін і пектин клітинної стінки [8]. Dykes та ін. [9–11] показали, що такі фактори, як сорти та умови вирощування, визначали вміст і профіль фенольних сполук у зерні сорго. Як правило, пігментовані зерна сорго містять більше фенолів, ніж зерна білого (непігментованого) сорго [12, 13].

Найбільше конденсованих дубильних речовин мають сорти та гібриди з темним забарвленням насіння, які суттєво гальмують проростання насіння, подовження стебел та коріння. Але слід зазначити, що фенольні профілі виконують і захисну функцію, оберігаючи проростаюче насіння від патогенних грибкових чи вірусних захворювань, виявляють антиоксидантні властивості, а рослини захищають від надмірного ультрафіолетового опромінення. [14, 15].

Результати досліджень [15–18] вказують, що режим дії природних та профільних фітохімічних продуктів включає кілька механізмів, таких як зниження відсотка та швидкості дружного проростання насіння, а у подальшому і уповільнення росту коренів і пагонів на початку органогенезу. А також включає механізм пригнічення виділення кисню хлоропластами, сильний вплив на функцію мітохондрій, зміну поглинання поживних речовин, пігментів хлорофілу [8, 16, 17] або ефективність використання води [17, 19].

Дія природних та профільних фітохімічних сполук сорго залежать від морфогенотипу, віку, місця розташування та умов навколишнього середовища.

Мета досліджень – визначити та проаналізувати біологічні особливості якісних показників насіння та польову схожість рослин і фітохімічну складову різних генотипів сорго цукрового.

Матеріали та методика досліджень

Лабораторні дослідження проводили в лабораторії насіннезнавства, насінництва та розсадництва Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Якісні показники – енергію проростання, лабораторну схожість та масу 1000 насінин гібридів сорго цукрового 'Sugargraze' (Аргентина), 'Sioux' і 'Mohawk' (США) та 'Ананас' (Україна) визначали за ДСТУ 4138-2002 [2].

Фітохімічну складову та активність основних фенольних профілів насіння сорго цукрового визначали методом прямого біотестування в динаміці росту й розвитку рослин. Паралельно досліджували хімічну природу аелопатично активних речовин шляхом екстракції їх з рослинної маси різними розчинниками.

Подрібнені насіння гібридів сорго цукрового у кількості 50 г занурювали в колби і заливали дистильованою водою 200 мл. Колби ставили на шейкер з водяною банею на 60 хвилин, а потім знімали і охолоджували. В подальшому проводили двічі фільтрацію водних екстрактів [20]. Об'єднаний екстракт концентрували у вакуумі до 50 мл і використовували для визначення кислот, фенольних профілів [5, 20].

Для визначення флавоноїдів використовували водно-спиртовий екстракт, який робили аналогічно водному, а в якості екстрагента використовували 70 %-й етанол [21, 22].

Польову схожість обчислювали після повних сходів, як відношення кількості сходів до загальної кількості висіяного схожого насіння у відсотках на дослідному полі (с. Ксаверівка друга Білоцерківського району Київської області), яке перебуває в межах регіону нестійкого зволоження Правобережної частини Лісостепу. Ґрунти чорноземи, що за своїм механічним складом відносяться до крупнопилувато-середньосуглинкових. Вміст органічної частини ґрунту коливається від 2,1 до 4,0 %, а глибина гумусованих горизонтів складає 100–120 см. При цьому за агрохімічними показниками ґрунти дослідного поля слабокислі з наближенням їх до нейтральних показників (рН змінюється від 6,48 до 7,22). Ґрунтово-кліматичні умови регіону оптимальні для вирощування сорго цукрового.

Статистичну обробку даних проводили з використанням програм «Microsoft Excel 2010» та «Agrostat».

Результати досліджень

Однією з біологічних особливостей сорго цукрового є сповільнене проростання насіння та ріст на початку вегетації. На цю особливість на ранніх етапах органогенезу впливають не тільки якісні показники насіння різних генотипів сорго, а й температурний режим та вологість ґрунту. Вплив температури, особливо на ранніх етапах розвитку рослин є визначальним. Насіння сорго починає проростати при 10–12 °С, проте оптимальна температура для його проростання, росту і розвитку рослин знаходиться в межах 25–30 °С. Також визначальним є процес поглинання води. Насіння поглинає воду з ґрунту, повітря або будь-якого іншого субстрату до настання критичної вологості, і тільки коли насіння досягає цього рівня вологості, починається його наклювання. У злакових культур величина ця порівняно невелика (близько 50 % у перерахунку на сиру масу). У більшості соргових культур рівень критичної вологості становить 35–37 %. За результатами лабораторних досліджень енергія проростання насіння гібридів цукрового сорго суттєво різнилась.



'Ананас'



'Sugargraze ARG'



'Mohawk'



'Sioux'

Рис. 1. Енергія проростання насіння гібридів сорго цукрового

Гібрид 'Ананас' має молочний колір перикарпію насінини, 'Sugargraze AGR' – світло-коричневий, 'Mohawk' – рожевий та гібрид 'Sioux' має найпігментованіший перикарпій – темно-коричневий. За свідченнями Kumari P. K. та ін., Su X. та ін., Xiong Y. та ін. [10–12], найбільше фенолів містять

пігментовані зерна сорго, а саме з темним забарвленням насінини, які в подальшому сповільнюють швидкість та дружність проростання насіння.

Зважаючи на цю інформацію, в наших дослідженнях саме насіння гібрида 'Sioux' мало найнижчу енергію проростання насіння. (рис. 1). Найвищу енергію проростання насіння мав гібрид вітчизняного походження 'Ананас', (96 % пророслого насіння) з забарвленням зернівки перикарпію молочного кольору. Гібриди аргентинського походження 'Sugargraze ARG' (світло-коричневе забарвлення зернівки) та американського 'Mohawk' (рожеве забарвлення зернівки) мали показник енергії проростання відповідно 90 та 95 %. Довжина колеоптиля на 10-ту добу була найдовшою у гібрида 'Ананас' та становила 3,3 мм, у гібрида селекції США 'Mohawk' – 3,2 мм та найменшою була у гібридів аргентинського походження 'Sugargraze ARG' та американського 'Sioux', показники становили 1,8 та 1,0 мм відповідно. Щодо розміру зернівки, то у всіх досліджуваних гібридів він становив 0,5 мм (табл. 1).

Таблиця 1

Морфологічні ознаки та якісні показники насіння гібридів сорго цукрового (лабораторні дослідження, 2020–2022 рр.)

Гібрид	Розмір зернівки, мм	Маса 1000 шт., г	Колір зернівки (перикарпію)	Енергія проростання, %	Схожість, %	Довжина колеоптиля на 10-ту добу, мм
'Ананас'	0,5	28,5	молочний	96	98	3,3
'Sugargraze ARG'	0,5	29,2	світло-коричневий	90	93	1,8
'Mohawk'	0,5	30,0	рожевий	95	96	3,2
'Sioux'	0,5	29,0	темно-коричневий	84	90	1,0
HP _{0,05}	0,1	0,6	–	1,2	1,5	0,4

Маса 1000 зерен сорго цукрового у гібрида вітчизняного походження 'Ананас' становила 28,5 г, у іноземних гібридів – 29,0–30,0 г та найбільшою була в гібрида американського походження 'Mohawk' – 30 г. Лабораторна схожість найвища у гібрида 'Ананас' і становила 98 %, у гібрида 'Mohawk' – 96, 'Sugargraze ARG' – 93, 'Sioux' – 90 %. Посилаючись на національний стандарт ДСТУ 4138-2002, мінімально допустима схожість насіння сорго для добазового та базового насіння 80 %, сертифікованого – 70 %, можна сказати, що гібриди, які використовувались для проведення експериментальних досліджень, відповідають стандарту та мають оптимальні показники енергії проростання та схожості. А різниця між схожістю і енергією проростання становила 3–6 %, що характерно для високопродуктивного насіння. Так як іноземні літературні джерела [13, 25, 26] стверджують, що пігментовані зернівки сорго цукрового у своєму складі мають різну кількість фітохімічних речовин, то за результатами наших досліджень виявлено, що водорозчинні екстракти, отримані з насіння гібридів сорго цукрового, різняться за кількістю глікозидів, фенолкарбонових кислот, дубильних і супутніх речовин.

Так, водорозчинні екстракти насіння чотирьох гібридів сорго цукрового у своєму складі містять глікозиди, фенолкарбонові кислоти, дубильні речовини та супутні компоненти, а кількісний їх склад різниться за генотипами гібридів. Гібрид американського походження 'Sioux', який має темно-коричневе забарвлення зернівки, містить найбільшу кількість глікозидів – 39 %, фенолкарбонових кислот – 5 % та дубильних речовин – 6,9 % порівняно з іншими гібридами, тому і енергія проростання у даного гібрида була найнижчою. У гібрида аргентинського походження 'Sugargraze AGR' (світло-коричневе забарвлення перикарпію насінини) вміст глікозидів, фенолкарбонових кислот та дубильних речовин становив відповідно 37, 3 та 5,7 %. А у гібрида американського походження 'Mohawk' та вітчизняного 'Ананас' зазначені речовини становлять відповідно 34, 3 і 5,5 % та 31, 3 і 5,1%. Найменшу кількість глікозидів, фенолкарбонових кислот та дубильних речовин виявлено у гібрида 'Ананас', який має непігментований перикарпій насінини. Щодо вмісту вуглеводів та крохмалю, то їх вміст у водорозчинних екстрактах вітчизняного гібрида 'Ананас' та іноземного гібрида 'Mohawk' був на рівні і показники становили 0,3 та 9 % відповідно. Вміст білка у даних гібридів різнився, 'Ананас' мав 5 %, 'Mohawk' – 10 %. У гібридів 'Sugargraze AGR' та 'Sioux' вміст крохмалю становив 10 %, вуглеводів – 0,5 та 0,6 %, білка – 15 та 6 %. Найбільша кількість білка була виявлена у гібрида 'Sugargraze AGR' – 15 %. Вміст жиру у водорозчинних екстрактах насіння гібрида 'Sugargraze AGR' також був найбільший та становив 12 %, натомість у гібрида 'Mohawk' показник був на 1 % нижче за показник гібрида 'Sugargraze AGR', в 'Sioux' – 9,3 % і найнижчим був у гібрида 'Ананас' – 8,8 %. В усіх досліджуваних гібридів вміст клітковини та БАР становив 0,1 %. Отже, значний вплив на якісні показники насіння мало забарвлення зернівки

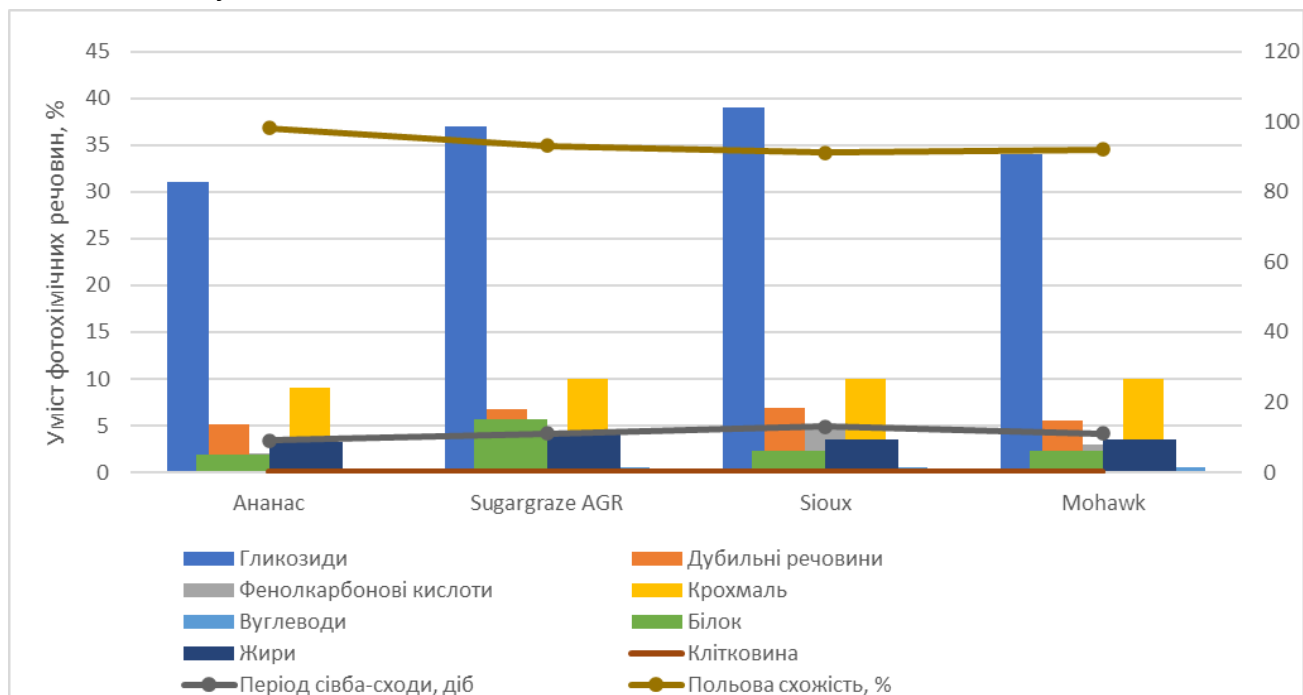
досліджуваних гібридів, вміст фенольних профілів в ньому та їх кількісний склад, і вони є видоспецифічними та дискримінаційними за своєю дією, так як можуть сповільнювати проростання насіння і ріст своїх проростків [23].

Отримані нами результати досліджень підтверджуються і літературними даними щодо міжсорткових відмінностей у забарвленні перекарпію та наявності глікозидів, дубильних речовин та інших нутрієнтів у насінні сорго [12, 13, 25, 26].

Високий продуктивний потенціал найкращого сорту чи гібрида не може бути реалізований без використання якісного насіння, яке і характеризує польову схожість культури. І саме показники польової схожості в агрофітоценозі суттєво впливають на дружність появи сходів, початковий ріст і розвиток рослин та реалізацію біологічного потенціалу культури, який в свою чергу залежить і від кліматичних умов регіону вирощування. У польових умовах мінімальна температура для рівномірної і дружної появи сходів повинна бути вище мінімальної температури проростання насіння на 2–3 °С. У роки проведення досліджень (2020–2022 рр.) погодні умови на початку вегетаційного періоду в сорго цукрового були мінливими та контрастними, з незначними відхиленнями від середніх багаторічних показників. Так, у період сівба – сходи (травень) температура повітря в середньому за три роки становила 13,7 °С, це нижче за середньобагаторічний показник на 3,6 °С. Слід зазначити, що температура у 2020 році становила всього 12,5 °С, що є заниженою для теплолюбивої культури, так як за знижених температур проростає всього 30 % насіння. І вологість у цей період була надмірна, так як випало 90,7 мм, що на 22,7 мм більше від середньобагаторічного показника. Насіння за таких умов тільки поглинає воду, набухає, пліснявіє і стає вразливим для патогенної мікрофлори, і тому період появи сходів подовжився, що призвело до сповільненої і нерівномірної появи сходів сорго.

У 2021 році кількість опадів була теж високою і становила – 51 мм, що на 17 мм більше від середньобагаторічного показника з температурним показником 13,9 °С, а у 2022 р. у період сівба – сходи випало всього 33 мм, що на 35 мм менше за середньобагаторічні показники з температурою повітря 14,7 °С. Отже, кількість опадів була нерівномірною і значно відрізнялася від середньобагаторічних показників, так як і температурні показники різнились на початку органогенезу генотипів сорго, хоча і можна їх вважати оптимальними.

На польову схожість насіння впливали не тільки ґрунтово-кліматичні умови регіону вирощування, а й генетико-біологічні параметри гібридів, уміст та кількісний склад фітохімічних речовин досліджуваних генотипів.



НІР_{0,05} глікозиди – 5, крохмаль – 3, дубильні речовини – 1, польова схожість – 3.

Примітка. У склад аелолохімікатів входять і супутні речовини, яких у відсотковому співвідношенні мало і їх значного впливу не відмічено.

Рис. 2. Польова схожість гібридів сорго цукрового залежно від умісту фітохімічних речовин у насінні, % (середнє за 2020–2022 рр.)

Найвищу польову схожість насіння у середньому за роками мав гібрид 'Ананас' – 89 %, період сівба-сходи становив 9 діб та порівняно з іншими досліджуваними гібридами мав низький вміст основних фенольних профілів, всього 37,1 %, що і призвело до низького відсотка (80 %) збережених рослин у фазу повних сходів.

Найнижча польова схожість відзначена у гібрида 'Sioux' – всього 78 %, з найдовшою тривалістю періоду сівба – сходи у 13 діб та з найвищим умістом основних фенольних профілів – 50,9 %, які і забезпечили збереженість рослин сорго у фазу повних сходів на рівні 87 %.

Щодо гібридів іноземної селекції аргентинського походження 'Sugargraze AGR' та американського 'Mohawk' з умістом основних фенольних профілів 45,7 та 42,5 % відповідно, то польова схожість цих генотипів була в середньому на 7 % нижчою від гібрида 'Ананас' і становила відповідно 82 та 81 %, період сівба-сходи тривав 10–11 діб, а відсоток збережених рослин у фазі повних сходів становив 84–85 % відповідно.

Основні фенольні профілі з високою концентрацією в насінні генотипів сорго цукрового забезпечують потужні фітонцидні властивості проростків на початку органогенезу та розмноження, імунітет рослин до грибної, а особливо до бактеріальних інфекцій, зумовлюють пігментацію листків, стебел, квіток, плодів, і за рахунок цього відбувається збереженість рослин в агрофітоценозі, незважаючи на мінливість ґрунтово-кліматичних умов [27, 28].

Висновки

Результати досліджень свідчать, що поліфенольні профілі сорго впливали на якісні показники проростання насіння, польову схожість, а їх кількісна складова залежала від забарвлення перикарпію.

Енергія проростання, лабораторна та польова схожість насіння були зниженими (84, 90 та 80 %) у іноземного гібриду 'Sioux', який мав темно-коричневе забарвлення перикарпію і найвищий вміст поліфенольних профілів (50,4 %) серед досліджуваних гібридів, а період від сівби до появи сходів був подовжений і становив 13 діб. Високий рівень зазначених показників сформував вітчизняний гібрид сорго цукрового 'Ананас' з непігментованим перикарпієм, і мав енергію проростання, лабораторну та польову схожість відповідно 96, 98 та 89 % з найнижчим умістом фенольних профілів 38,1 %. Тривалість періоду сівба-сходи всього 9 діб. Гібриди 'Sugargraze ARG' (світло-коричневе забарвлення зернівки) та 'Mohawk' (рожеве забарвлення зернівки) мали показник енергії проростання відповідно 90 та 95 %, лабораторної 93 та 96 % і польової схожості – 82 та 81 % відповідно з тривалістю початкового органогенезу у 11 діб та зниженим умістом фенолів відповідно 45,7 та 42,5 %.

Нами отримані результати досліджень щодо генотипових відмінностей у забарвленні перикарпію та наявності профільних фенольних сполук та інших нутрієнтів у насінні сорго, які різнилися за кількісним складом та своїм впливом на початковому етапі органогенезу культури. Гібрид американського походження 'Sioux' за рахунок 50,4 % фенольних сполук у насінні забезпечив збереженість проростків на рівні 87 %, вітчизняний гібрид 'Ананас' з найнижчим умістом фітохімічних сполук 38,1 % і високою польовою схожістю (89 %) мав найнижчий відсоток збережених проростків (80 %) серед досліджуваних гібридів. Тому фітохімічні речовини генотипів сорго цукрового є видоспецифічними та дискримінаційними за своєю дією, тобто вони можуть пригнічувати проростання насіння, ріст своїх проростків, але й натомість забезпечувати стійкість до патогенів при польовій схожості та збереженість рослин, тобто всі процеси взаємопов'язані.

Використана література

1. Макрушин М. М., Макрушина Є. М. Насінництво. Сімферополь : Аріал, 2011. 476 с.
2. ДСТУ 4138-2002: Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 148 с.
3. Пида С. В. Алелопатична активність екстрактів сортів люпину білого. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інституту землеробства УААН»*. 2007. Вип. 1. С. 155–162.
4. Earp C. F., McDonough C. M., Rooney L. W. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Cereal Science*. 2004. Vol. 39. P. 21–27. doi: 10.1016/S0733-5210(03)00060-2
5. Dykes L., Rooney L. W., Waniska R. D., Rooney W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53. P. 6813–6818. doi: 10.1021/jf050419e

6. Dykes L., Seitz M. L., Rooney L. W., Rooney L. W. Flavonoid composition of red sorghum genotypes. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 116. P. 313–317. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.02.052
7. Черенков А. В., Черчель В. Ю., Шевченко М. С. та ін. Каталог сортів та гібридів Інституту сільського господарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ, 2013. 104 с.
8. Hussain M. I., Reigosa M. J. Evaluation of herbicide potential of sesquiterpene lactone and flavonoid: Impact on germination, seedling growth indices and root length in *Arabidopsis thaliana*. *Pakistan Journal of Botany*. 2014. Vol. 46. P. 995–1000.
9. Dykes L., Peterson G. C., Rooney W. L., Rooney L. W. Flavonoid composition of lemon-yellow sorghum genotypes. *Food Chemistry*. 2011. Vol. 127. P. 173–179. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.020
10. Kumari P. K., Umakanth A. V., Narsaiah T. B., Uma A. Exploring anthocyanins, antioxidant capacity and α -glucosidase inhibition in bran and flour extracts of selected sorghum genotypes. *Food Bioscience*. 2021. Vol. 41. Article 100979. doi: 10.1016/j.fbio.2021.100979
11. Su X., Rhodes D., Xu J. et al. Phenotypic diversity of anthocyanins in sorghum accessions with various pericarp pigments. *Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2017. Vol. 7. Article 610. doi: 10.4172/2155-9600.1000610
12. Xiong Y., Zhang P., Warner R. D. et al. Comprehensive Profiling of Phenolic Compounds by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS/MS to Reveal Their Location and Form of Presence in Different Sorghum Grain Genotypes. *Food Research International*. 2020. Vol. 137. Article 109671. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109671
13. Xiong Y., Damasceno Teixeira T. V., Zhang P. et al. Cellular Antioxidant Activities of Phenolic Extracts from Five Sorghum Grain Genotypes. *Food Bioscience*. 2021. Vol. 41. Article 101068. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101068
14. Hussain M. I., Reigosa M. J. Evaluation of photosynthetic performance and carbon isotope discrimination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under allelochemicals stress. *Ecotoxicology*. 2017. Vol. 26. P. 613–624.
15. Jabran K. Sorghum Allelopathy for Weed Control. *Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control*. Cham : Springer, 2017. P. 65–75. doi: 10.1007/978-3-319-53186-1_8
16. Hussain M. I., González L., Reigosa M. J. Germination and growth response of four plant species towards different allelochemicals and herbicides. *Allelopathy Journal*. 2008. Vol. 22. P. 101–110.
17. Hussain M. I., Reigosa M. J. Higher peroxidase activity, leaf nutrient contents and carbon isotope composition changes in *Arabidopsis thaliana* are related to rutin stress. *Journal of Plant Physiology*. 2014. Vol. 171. P. 1325–1333. doi: 10.1016/j.jplph.2014.05.009
18. Сторожик Л. І. Агробіологічні основи формування агрофітоценозів сорго цукрового як біоенергетичної культури в Степу та Лісостепу України. Вінниця : ТВОРИ, 2018, 264 с.
19. Hussain M. I., Reigosa M. J. Seedling growth, leaf water status and signature of stable carbon isotopes in C3 perennials exposed to natural phytochemicals. *Australian Journal of Botany*. 2012. Vol. 60. P. 676–684. doi: 10.1071/BT12072
20. Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Терещенко І. С. Визначення дії аделопатично-активних речовин рослин та післязжнивних решток сорго цукрового в агрофітоценозах сільськогосподарських культур : методичні рекомендації. Умань : Візаві, 2021. 20 с.
21. Демешко О. В., Комісаренко А. М. Динаміка накопичення суми поліфенольних речовин у листі акації білої. *Фітотерапія. Часопис*. 2005. № 4. С. 63–65.
22. Макаренко О. А., Левицький А. П. Фізіологічні функції флавоноїдів в рослинах. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2013. Т. 45, № 2. С. 100–112.
23. Ahmad S., Rehman A., Cheema Z. A. et al. Evaluation of some crop residues for their allelopathic effects on germination and growth of cotton and cotton weeds. *Proceedings of the 4th Pakistan Weed Science Conference Faisalabad (Faisalabad, Pakistan, March 26–27, 1994)*. Faisalabad, 1995. P. 63–71.
24. Державна Фармакопея України. (1-е вид., 2-ге доп.). Харків : ПІРЕГ, 2008. 620 с.
25. Awika J. M., Rooney L. W., Waniska R. D. Anthocyanins from Black Sorghum and Their Antioxidant Properties. *Food Chemistry*. 2004. Vol. 90. P. 293–301. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.03.058
26. Billa E., Koullas D. P., Monties B., Koubios E. G. Structure and composition of sweet sorghum stalk components. *Industrial Crops and Products*. 1997. Vol. 6. P. 297–302. doi: 10.1016/S0926-6690(97)00031-9
27. Ghasemi P. A., Rahnama G. H., Malekpoor F., Roohi B. H. Variation in antibacterial activity and phenolic content of *Hypericum scabrum* L. populations. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2011. Vol. 5. P. 4119–4125.
28. Haq M., Sani W., Hossain A. B. M. S. et al. Total phenolic contents, antioxidant and antimicrobial activities of *Bruguiera gymnorrhiza*. *Journal of Medicinal Plants*. 2011. Vol. 5. P. 4112–4118.

References

1. Makrushin, M. M. & Makrushina, E. M. (2011). *Seed Production*. Simferopol: Arial. [In Ukrainian]
2. *State Standard of Ukraine (DSTU) 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods for seed testing*. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [In Ukrainian]

3. Pyda, S. (2007). Allelopathic activity of extracts of white lupine varieties. *Proceedings of the NSC "Institute of Agriculture of NAAS", 1*, 155–162. [In Ukrainian]
4. Earp, C. F., McDonough, C. M., & Rooney, L. W. (2004). Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Cereal Science, 39*, 21–27. doi: 10.1016/S0733-5210(03)00060-2
5. Dykes, L., Rooney, L. W., Waniska, R. D., & Rooney, W. L. (2005). Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*, 6813–6818. doi: 10.1021/jf050419e
6. Dykes, L., Seitz, M. L., Rooney, L. W., & Rooney, L. W. (2009). Flavonoid composition of red sorghum genotypes. *Food Chemistry, 116*, 313–317. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.02.052
7. Cherenkov, A. V., Charchel, V. Yu., Shevchenko, M. S., Fedorenko, E. M., Bodenko, N. A., Dziubetskyi, B. V., ... Kostiva, T. H. (2013). *Catalog of varieties and hybrids of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Dnipropetrovsk: N.p. [In Ukrainian]
8. Hussain, M. I., & Reigosa, M. J. (2014). Evaluation of herbicide potential of sesquiterpene lactone and flavonoid: Impact on germination, seedling growth indices and root length in *Arabidopsis thaliana*. *Pakistan Journal of Botany, 46*, 995–1000.
9. Dykes, L., Peterson, G. C., Rooney, W. L., & Rooney, L. W. (2011). Flavonoid composition of lemon-yellow sorghum genotypes. *Food Chemistry 127*, 173–179. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.020
10. Kumari, P. K., Umakanth, A. V., Narsaiah, T. B., & Uma, A. (2021). Exploring anthocyanins, antioxidant capacity and a-glucosidase inhibition in bran and flour extracts of selected sorghum genotypes. *Food Bioscience, 41*, Article 100979. doi: 10.1016/j.fbio.2021.100979
11. Su, X., Rhodes, D., Xu, J., Chen, X., Davis, H., Wang, D., Herald, T. J., & Wang, W. (2017). Phenotypic diversity of anthocyanins in sorghum accessions with various pericarp pigments. *Journal of Nutrition and Food Sciences, 7*, Article 610. doi: 10.4172/2155-9600.1000610
12. Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D., Shen, S., Johnson, S., & Fang, Z. (2020). Comprehensive Profiling of Phenolic Compounds by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS/MS to Reveal Their Location and Form of Presence in Different Sorghum Grain Genotypes. *Food Research International, 137*, Article 109671. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109671
13. Xiong, Y., Damasceno, Teixeira, T. V., Zhang, P., Warner, R. D., Shen, S., & Fang, Z. (2021). Cellular Antioxidant Activities of Phenolic Extracts from Five Sorghum Grain Genotypes. *Food Bioscience, 41*, Article 101068. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101068
14. Hussain, M. I., & Reigosa, M. J. (2017). Evaluation of photosynthetic performance and carbon isotope discrimination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under allelochemicals stress. *Ecotoxicology, 26*, 613–624.
15. Jabran, K. (2017). Sorghum Allelopathy for Weed Control. In *Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control* (pp. 65–75). Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-53186-1_8
16. Hussain, M. I., González, L., & Reigosa, M. J. (2008). Germination and growth response of four plant species towards different allelochemicals and herbicides. *Allelopathy Journal, 22*, 101–110.
17. Hussain, M. I., & Reigosa, M. J. (2014). Higher peroxidase activity, leaf nutrient contents and carbon isotope composition changes in *Arabidopsis thaliana* are related to rutin stress. *Journal of Plant Physiology, 171*, 1325–1333. doi: 10.1016/j.jplph.2014.05.009
18. Storozhyk, L. I. (2018). *Agrobiological bases of formation of agrophytocenoses of sugar sorghum as bioenergetic culture in Steppe and Forest-Steppe of Ukraine*. Vinnytsia: Tvory. [In Ukrainian]
19. Hussain, M. I., & Reigosa, M. J. (2012). Seedling growth, leaf water status and signature of stable carbon isotopes in C₃ perennials exposed to natural phytochemicals. *Australian Journal of Botany, 60*, 676–684. doi: 10.1071/BT12072
20. Storozhyk, L. I., Voitovska, V. I., & Tereshchenko, I. S. (2021). *Determination of the action of allelopathic active substances of plants and post-harvest residues of sugar sorghum in agrophytocenoses of agricultural crops*. Uman: Vizavi. [In Ukrainian]
21. Demeshko, O. V., & Komisarenko, A. M. (2005). The dynamics of accumulation of the amount of polyphenolic substances in the leaves of white acacia. *Fitoterapiâ, 4*, 63–65. [In Ukrainian]
22. Makarenko, O. A., & Levitsky, A. P. (2013). *Physiological Functions of Flavonoids in Plants. Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants, 45*(2), 100–112. [In Ukrainian]

23. Ahmad, S., Rehman, A., Cheema, Z. A., Tanveer, A., & Khaliq, A. (1995). Evaluation of some crop residues for their allelopathic effects on germination and growth of cotton and cotton weeds. In *Proceedings of the 4th Pakistan Weed Science Conference Faisalabad* (pp. 63–71). Faisalabad, Pakistan: N.p.

24. *State Pharmacopoeia of Ukraine* (1th ed. and 2nd enl). (2008). Kharkiv: RIREG. [In Ukrainian]

25. Awika, J. M., Rooney, L. W., & Waniska, R. D. (2004). Anthocyanins from Black Sorghum and Their Antioxidant Properties. *Food Chemistry*, 90, 293–301. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.03.058

26. Billa, E., Koullas, D. P., Monties, B., & Koubios, E. G. (1997). Structure and composition of sweet sorghum stalk components. *Industrial Crops and Products*, 6, 297–302. doi: 10.1016/S0926-6690(97)00031-9

27. Ghasemi, P. A., Rahnama, G. H., Malekpoor, F., & Roohi, B. H. (2011). Variation in antibacterial activity and phenolic content of *Hypericum scabrum* L. populations. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 4119–4125.

28. Haq, M., Sani, W., Hossain, A. B. M. S., Taha, R. M., & Monneruzzaman, K. M. (2011). Total phenolic contents, antioxidant and antimicrobial activities of *Bruguiera gymnorrhiza*. *Journal of Medicinal Plants*, 5, 4112–4118.

UDC 633.6.62:631.531.1:581.142

Tereshchenko, I. S., & Storozhyk, L. I.* (2023). Quality, field germination of seeds and phenolic profiles of modern sugar sorghum hybrids. *Advanced Agritechnologies*, 11(3). <https://doi.org/10.47414/na.11.3.2023.288673> [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03141, Ukraine, *e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com*

Purpose. To establish and analyze the biological features of seed quality indicators, field germination of seeds, and phytochemical composition of modern sugar sorghum hybrids 'Sugargraze ARG' (Argentina), 'Sioux', 'Mohawk' (USA) and 'Ananas' (Ukraine). **Methods.** Physiological-biochemical, agrochemical and statistical methods were used in the study. The content of phytochemicals in the seeds of the studied sugar sorghum hybrids was determined by the extraction method. **Results.** In the studied sorghum hybrids, a high concentration of the main phenolic profiles of the seeds was established. The quantitative component depended on the color of the pericarp of the grain, which affected the quality indicators of germination and field germination of the seeds. In hybrid 'Sioux', which has a dark brown color of the pericarp and the highest content of polyphenolic profiles (50.4%), germination energy, laboratory and field seed germination were low and amounted to 84, 90 and 80%, respectively. The high level of these indicators was formed by the hybrid 'Ananas' with the lowest content of phenolic profiles (38.1%) and with non-pigmented pericarp, which had germination energy, laboratory and field similarity of 96, 98 and 89%, respectively. Hybrids 'Sugargraze ARG' (light brown grain color) and 'Mohawk' (pink grain color) had indicators of germination energy of 90 and 95%, laboratory germination 93 and 96%, field germination 82 and 81%, respectively, and were characterized by an average content of phenolics profiles of 45.7 and 42.5%, respectively. **Conclusions.** The hybrid of American origin 'Sioux' that has a high content of phenolic compounds in the seeds, ensured the preservation of plants in the phase of full germination at the level of 87%, while Ukrainian hybrid 'Ananas' with the lowest content of phytochemical compounds also had the lowest preservation rate (80%) among the studied hybrids. In 'Sugargraze ARG' and 'Mohawk' that have medium phenol content, the rate of plants preserved in the full germination stage was 84–85%.

Keywords: *germination energy; germination; pericarp; genotypes; phytochemical component.*

*Надійшла / Received 12.09.2023
Погоджено до друку / Accepted 04.10.2023*