

under severe drought and moisture deficiency, the proportion of affected crops was minimal. However, under such conditions, in some years, powdery mildew disease was detected on 70 % of the examined areas of wheat and dark brown spotting on barley by 69 % of the areas.

The smallest values of the spread and development of root rot were observed in the wheat agrocenosis was recorded at HTC of 0,8–0,9, in barley agrocenosis at HTC of 1,3–1,6. The defeat of wheat and barley plants with leaf and stem diseases was the smallest at HTC 1,0–1,2. The minimum damage to spike diseases was recorded for wheat with HTC 1,3–1,6, for barley – with HTC 1,0–1,2.

Key words: *winter wheat, spring barley, spring oats, phytopathogenic control, hydrothermal factors, disease spread, disease development, pathogens, plant health.*

УДК 633.17:631.52

DOI 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166

ХІМІЧНА СКЛАДОВА НАСІННЯ СОРГО ЗЕРНОВОГО (*SORGHUM BICOLOR*) ЗАЛЕЖНО ВІД БІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГІБРИДІВ

Л. І. СТОРОЖИК, доктор сільськогосподарських наук

В. І. ВОЙТОВСЬКА, кандидат сільськогосподарських наук

С. В. ЗАВГОРОДНЯ, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

С. О. ТРЕТЬЯКОВА, кандидат сільськогосподарських наук

Уманський національний університет садівництва

В середньому за роки досліджень, визначено хімічну складову насіння досліджуваних гібридів сорго зернового. Встановлено в гібридах різної селекції вміст білків, жирів, вуглеводів, а також вітамінів, макро- та мікроелементів.

Ключові слова: *сорго зернове, вітаміни, мікро- і макроелементи, гібрид.*

Постановка проблеми. Сорго являється адаптивною культурою, його висока пластичність, посухо- і жаровитривалість пояснюється африканським походженням. Сорго зернове має змогу рости там, де сформувалися гірші умови для інших сільськогосподарських культур: на засолених малородючих піщаних ґрунтах, в умовах дефіциту вологи, культура з легкістю переносить високі температури під час цвітіння і утворює восковий наліт, захищаючи себе від перегріву, шкідників і хвороб [1, 3, 4].

Зерно сорго багате на цінні поживні речовини. За хімічним складом воно мало відрізняється від інших зернофуражних культур і містить: білка – 9–14 %, крохмалю – 70–85 %, жиру – 3–6 %, мінеральних речовин – 1,8–2,5 %, клітковини – 2–3 %. Зерно сорго порівняно з кукурудзою містить більше протеїну і менше жирів [2, 4, 5].

Безазотисті екстрактивні речовини зерна сорго складаються переважно з крохмалю, тому перетравність його дуже висока. Загалом хімічний склад зерна сорго залежить від ряду чинників – біологічної особливості сортів і гібридів, технології вирощування, а також кліматичних умов [1]. При цьому, різні гібриди сорго зернового мають дуже різноманітні характеристики, що визначаються хімічним складом і харчовою цінністю цієї культури. Задля різнобічного використання зерна сорго необхідно чітко знати всі його властивості, а також його хімічну та кількісну складову різних елементів: білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мікро та макроелементів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сорго зернове — злакова культура з давньою історією вирощування. Його морфологічні і фізіологічні особливості, такі як будова листкового апарата, наявність воскового захисного шару, здатність економно використовувати воду, можливість тривалого перебування в стані анабіозу та відновлення вегетації за появи вологи, зумовлюють жаростійкість культури [6, 8].

Ця культура використовується для годування свійських тварин, як продовольча культура, а також в елементах органічного харчування. У сорго

мала кількість глютену і велика кількість клітковини, що є основою принципу здорового харчування в багатьох країнах світу [7, 10].

У світовому масштабі зерно сорго стоїть на третьому місці після пшеничного та рисового в раціоні людини. Зерно сорго містить вітамін В₁, біотин (вітамін Н), фосфор тощо. А як антиоксидант і протизапальний засіб чи не корисніше, ніж чорниця й гранат: 1 г сорго містить до 62 мг поліфенольних сполук. Для порівняння, у чорниці, яку завжди вважали «чемпіоном» за вмістом цих складників, їх усього лише 5мг на 100 г. Калорійність сорго різниться, залежно від сорту. Але в середньому крупа має близько 300 ккал. А у 100 г соргового борошна міститься 350 ккал. Якщо ж взяти 90% пшеничного борошна та додати 10% соргового – вийде дієтичний хліб, що повільніше черствіє і має довший термін зберігання [9, 11, 15].

Окрім того, в Україні з сорго звичайного виробляють: крупи, екструдовані вироби, крохмаль, олію, м'ясні консерви, компоненти пива, органічні барвники [12, 14]. Важливими елементами в крупі із сорго є вітаміни (фолієва кислота, біотини, провітамін А, тіамін (В1) рибофлавін (В2), ніацин (РР), В6, Е), мінеральні речовини (фосфор, калій, магній) та мікроелементи (залізо, марганець, мідь, молібден). Отже, крупа із зерна сорго звичайного (двокольорового) забезпечує людину майже всіма харчовими речовинами: білками й амінокислотами, жирами та жирними кислотами, вуглеводами, вітамінами, мінеральними солями, мікроелементами і може використовуватись іншими як важливе джерело харчування [13, 16].

Методика досліджень. У дослідженнях, що проводилися протягом 2016–2018 рр. використовували насіння гібридів сорго зернового, які внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні: селекції української (Лан 59), французької (Targga, Anggy, Burggo) і американської (Prime, Yuki) селекції.

Масову частку білкових речовин визначали методом К'єльдаля [18], вміст жиру – методом Сокслета [18], вміст крохмалю – методом Еверса [18], зольність – за ГОСТ 27494-87, вміст цукрів – йодометричним методом, вміст

харчових волокон – за ГОСТ Р 54014-2010, жирнокислотний склад ліпідів – за ГОСТ 30418-96, склад окремих амінокислот – методом іонообмінної рідинної хроматографії на автоматизованому аналізаторі амінокислот ТТ 339 (Чехія), інші мікроелементи на рентген флуоресцентному аналізаторі методом спектроскопії, водорозчинні вітаміни – методом капілярного електрофорезу, жиророзчинні вітаміни – методом ВЕЖХ за ГОСТ 26753.1-93 та ГОСТ РФ 50929-96.

Результати досліджень. Знаючи вміст білків, жирів і вуглеводів можна визначити калорійність тої чи іншої продукції, яка повинна відповідати стандартним нормам та вимогам.

В середньому за роки досліджень, калорійність насіння американських гібридів сорго зернового дещо відрізнялось від гібридів французької та вітчизняної селекції. У американських гібридів даний показник був в межах – 316–320, у французьких – дещо менше – 305–318 Ккал. Найвищі показники були у насіння гібриду сорго зернового американської селекції – Prime – 320 Ккал, з французьких виділився – Burggo – 318, порівняно з українським Лан 59–215 Ккал.

На основі різної калорійності насіння досліджуваних гібридів зернового сорго, можна стверджувати про значну різницю у їхньому складі вмісту білків, жирів та вуглеводів (рис. 1).

Вміст білків у насіння гібридів американської селекції коливався в межах 11,3–12,5 г, жирів – 3,08–4,10, тоді як вміст вуглеводів був на рівні від 69,2 до 71,0 г. Насіння гібридів сорго зернового французької селекції характеризувалося дещо нижчими показниками, оскільки вміст білків у їх складі становив – 11,2–12,0, жирів – 2,87–3,07, а вуглеводів – 68,7–69,5 г. У гібриду української селекції Лан 59 вміст білків був майже на рівні з гібридами американської селекції і становив – 12,4 г, вміст жирів був дещо нижчим – 3,12, тоді як вміст вуглеводів був на вищому рівні і становив – 69,8 г., випереджаючи показники французьких гібридів.

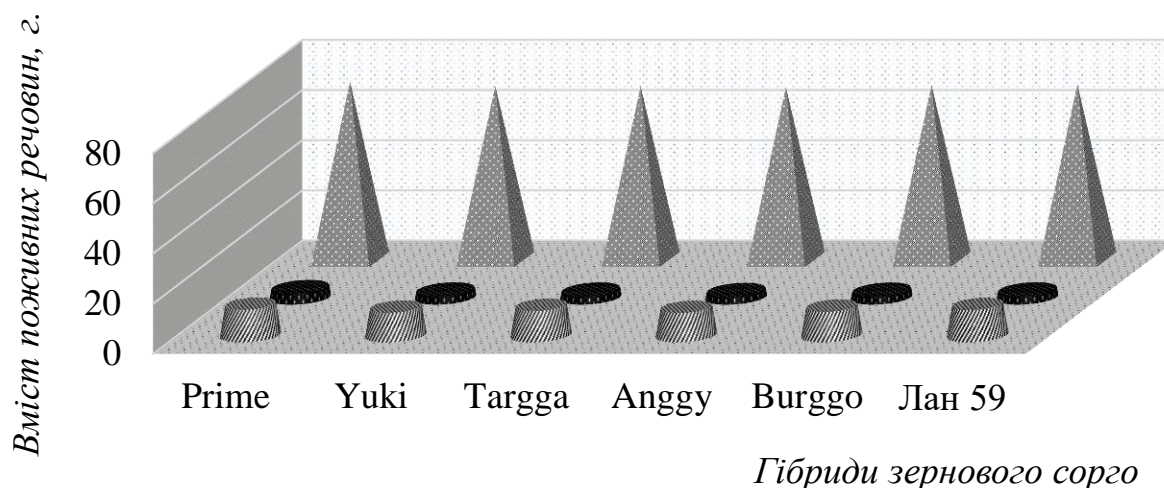


Рис. 1. Вміст білків, жирів та вуглеводів у насінні різних гібридів сорго зернового, г., (середнє за 2016-2018 рр.).

▨ - білки, г ■ - жири, г ▤ - вуглеводи, г

Тому, за харчовою цінністю, а саме вищим вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів, можна виділити американський гібрид – Prime, калорійність якого становила – 320 Ккал., з французьких – гібрид – Burggo з калорійністю – 318 Ккал.

Вітаміни, органічні речовини, необхідні в невеликих кількостях в харчовому раціоні як людини, так і більшості хребетних. На відміну від неорганічних речовин вони нестабільні та руйнуються при сильному нагріванні.

У насінні всіх досліджуваних гібридів вміст вітамінів однієї групи відрізнявся залежно від біологічних особливостей. Згідно наших досліджень серед всіх груп вітамінів, можна виділити вітамін В4 (холін), який забезпечує білково-ліпідний обмін речовин і вміст якого у складі сорго є найвищим. У насінні гібридів вітчизняної та американської селекції, а саме Лан 59 і Prime його кількісний вміст становив – 95 і 97 мг. У насінні французьких гібридів Targga, Anggy, Burggo вміст холіну становив – 93, 87 91 мг/100 г.

Вітамін В1 (тіамін) входить до складу найважливіших ферментів вуглеводного і енергетичного обміну, що забезпечують організм енергією і пластичними речовинами, а також метаболізму розгалужених амінокислот. Найвищі показники тіаміну були у насінні гібридів американської селекції – Yuki і Prime, що становили – відповідно – 0,43–0,45 мг/100 г (рис. 2).

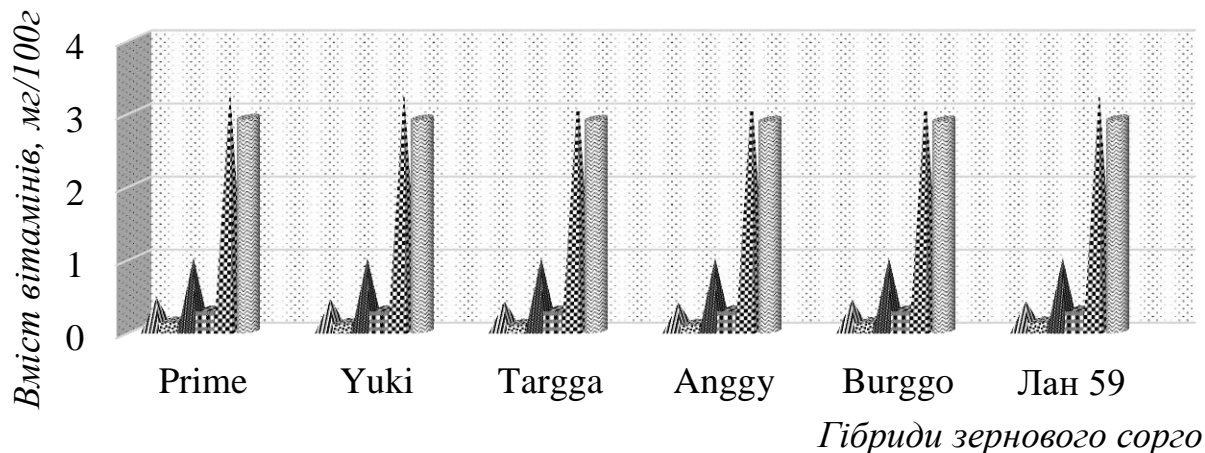


Рис. 2. Вміст вітамінів у насінні досліджуваних гібридів сорго зернового, мг/100 г, (середнє за 2016-2018 рр.).

■ - Вітамін В1, мг ▨ - Вітамін В2, мг ■ - Вітамін В5, мг
 ▩ - Вітамін В6, мг ▤ - Вітамін В3, мг ☞ - Вітамін РР, мг

Вміст вітаміну В1 у насінні українського гібриду Лан 59 та французьких – Targga, Anggy, Burggo був дещо нижчим і становив відповідно 0,38 – 0,42 мг/100 г. На одному кількісному рівні у насінні гібридів української та американської селекції Лан 59 і Prime був вміст Вітаміну В2 (Рибофлавін), що становив – 0,15 мг. У інших гібридів дані показники коливалися в межах 0,12–0,14 мг/100 г.

Найвищим вмістом вітаміну В3 («ніацину» або «ніацинамід»), що забезпечує нормалізацію енергетичного метаболізму, характеризується насіння гібридів американської та вітчизняної селекції. Так, у Prime, Yuki та Лан 59, вміст ніацину становив – 3,2–3,3 мг, у французьких – він був на одному рівні – 3,0 мг/100 г.

Вміст пантотенової кислоти (вітаміну В5), яка бере участь в обмінних процесах та синтезу ряду гормонів, у насінні досліджуваних гібридів була на одному рівні і становила – 1,0 мг/100 г. Аналогічна ситуація і з піридоксином

(вітаміном B6), що відповідає за імунну та нервову системи, і міститься в однаковому кількісному складі на рівні – 0,3 мг/100 гу всіх досліджуваних гібридах зернового сорго.

Вітамін B7 бере участь в синтезі жирів, глікогену, метаболізмі амінокислот його ще називають вітаміном H (біотин). Насіння гібриду Burggo французької селекції характеризувався найнижчим його вмістом, що становив – 0,014 мг/100 г. У гібриду Лан 59 та французьких – Targga і Anggy вміст біотину коливався від 0,016 до 0,017 мг/100 г. В американського гібриду зернового сорго – Prime встановлено найвищий показник вмісту біотину, що становив – 0,018 мг/100 г.

Вітамін PP бере участь в окисно-відновних реакціях енергетичного метаболізму. Найменший вміст вітаміну PP відмічено у насінні французьких гібридів Targga, Anggy, Burggo на рівні – 2,899–2,912 мг. Кращими показниками характеризувався американський гібрид зернового сорго Yuki та український Лан 59, у насінні яких відзначили однаковий вміст вітаміну PP в межах – 2,917 мг/100 г. У американського гібриду сорго зернового Prime визначено найвищий вміст вітаміну PP, що був на рівні – 2,927 мг/100 г.

Харчова цінність насіння різних гібридів сорго зернового визначається не тільки вмістом білків, жирів та вуглеводів, а й активними каталізаторами біохімічних реакцій, якими є мікро- та макроелементи. Їх кількісний склад у різних гібридах зернового сорго є важливим показником для подальшого їх використання.

Вищий вміст Na у насінні сорго зернового відзначається у американського та вітчизняного гібриду порівняно з французькими. Так, у американського Yuki і українського Лан 59 вміст Na був на одному рівні і становив – 23 мг. Тоді як у французьких гібридів Targga, Anggy, Burggo дані показники були значно нижчі і коливалися в межах від 17 до 21 мг/100 г (рис. 3).

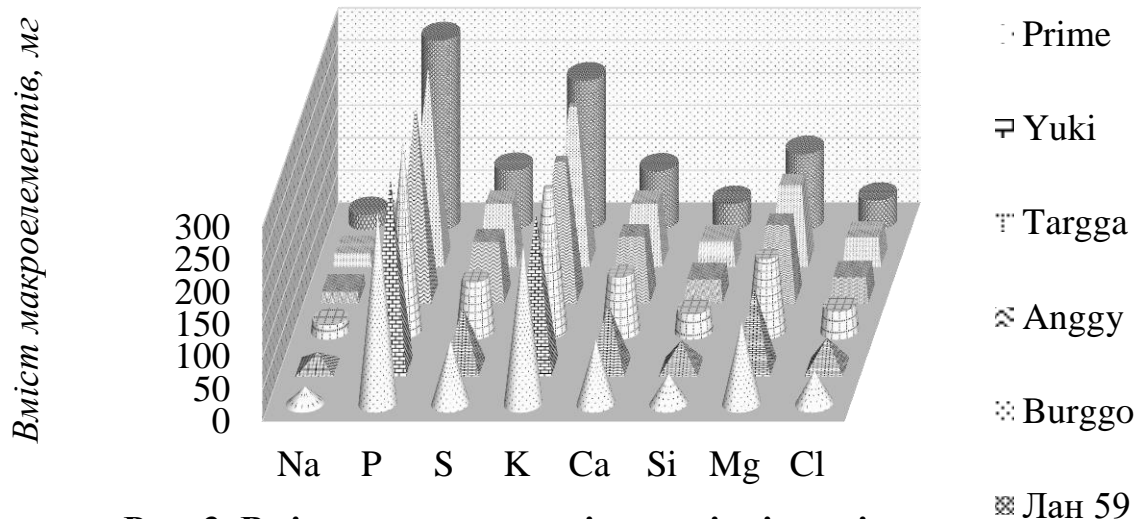


Рис. 3. Вміст макроелементів у насінні досліджуваних гібридів сорго зернового, мг (середнє за 2016-2018 рр.)

Досліджуваний гібрид сорго зернового американської селекції Prime характеризувався найвищим вмістом Na у насінні і становив – 26 мг/100г.

Фосфор бере участь у багатьох фізіологічних процесах, включаючи енергетичний обмін, регулює кислотно-лужний баланс, входить до складу фосфоліпідів, нуклеотидів і нуклеїнових кислот. За наявності P у насінні американські гібриди значно переважають французькі, оскільки його вміст у гібридів Targga, Anggy, Burggo коливався в межах від 281 до 290 мг. Найвищі показники сформувалися в американського гібриду Prime, вміст P у якому становив – 295 мг, тоді як в українського гібриду Лан 59 і американського Yuki, вони були дещо меншими, на рівні 291-292 мг/100 г.

Найменшим вмістом S у своєму складі – 84 мг, характеризувався гібрид французької селекції – Targga, на 12 мг більше було в гібриду Prime – 96 мг/100 г.

У насінні французьких гібридів вміст калію (K) коливався в межах від 208 до 235 мг, в американських гібридів дані показники були значно вищими. Так, у гібриду Yuki і Prime, вміст калію становив відповідно – 237 і 245 мг/100 г.

Визначено, що найменше Ca було в насінні українського гібриду Лан 59, в якому його вміст становив 90 мг, тоді як найвищі показники зазначеного

елементу сформували американський та французький гібриди Prime і Anggy – 98 мг/100 г.

Такий макроелемент як кремній (Si) входить в якості структурного компонента до складу глікозоаміногліканов, даний елемент знаходився у меншій кількості у насінні французьких гібридах в межах від 35 до 37 мг. Дещо вищі показники були у гібридів Лан 59 і Yuki, відповідно – 40 і 41 мг/100 г. В американському гібриді сорго зернового містилося значно більше кремнію, на рівні – 46мг/100 г.

Магній бере участь в енергетичному метаболізмі, а також синтезі білків та нуклеїнових кислот, володіє стабілізуючою дією для мембран, необхідний для підтримки гомеостазу кальцію, калію і натрію. Найменший його вміст встановлено у насінні гібриду Anggy – 115 мг, також даний гібрид містить і найменший вміст Cl – 38 мг/100 г. Встановлено, що найбільший вміст магнію та хлору був у американського гібриду сорго, що становили відповідно – 125 і 51 мг/100 г. Отже, можна стверджувати, що американський гібрид сорго зернового Prime характеризувався найвищими показниками усіх компонентів, що формують макроелементи.

Важливу роль у біологічних (генетичних) особливостях різних гібридів сорго зернового крім макроелементів відіграють і мікроелементи. Так, залізо (Fe) входить до складу різних за своєю функцією білків, в тому числі ферментів, а також забезпечує протікання окисно-відновних реакцій. Вміст даного мікроелемента у насінні французьких гібридів коливався в межах – 3,78–4,23 мг, тоді як у американських гібридів відповідно – 4,31–4,40 мг/100 г (рис. 4).

Такий мікроелемент як кобальт (Co), що входить до складу вітаміну B12, а також активує ферменти обміну жирних кислот і метаболізму фолієвої кислоти. В результаті досліджень виявлено, що вміст даного мікроелемента у всіх досліджуваних гібридів сорго зернового знаходився в однаковій кількості і становив – 2,0 мг/100 г.

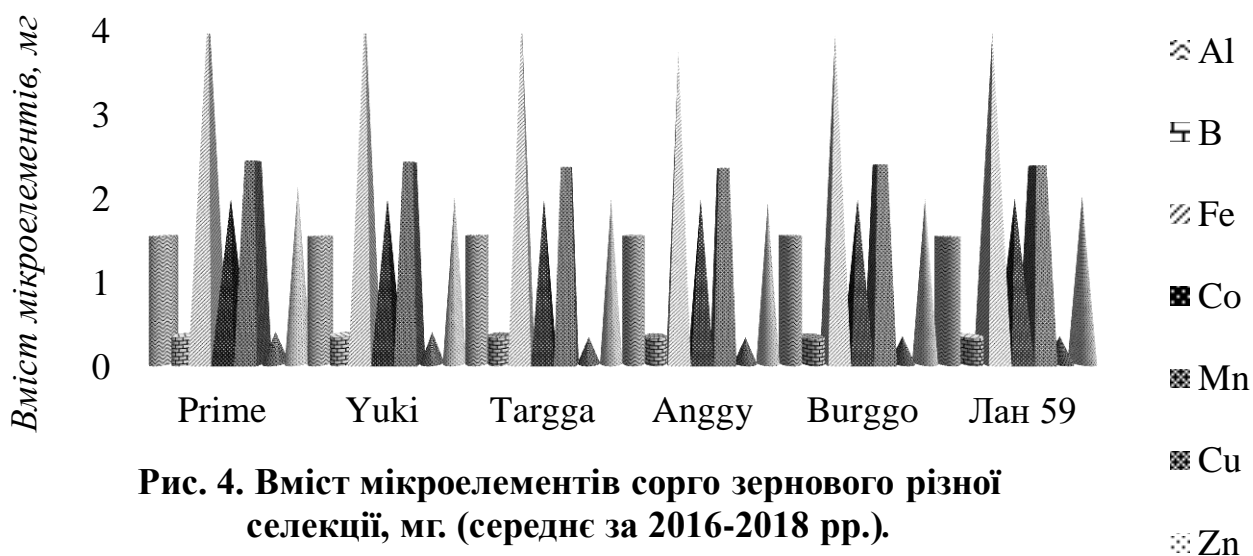


Рис. 4. Вміст мікроелементів сорго зернового різної селекції, мг. (середнє за 2016-2018 рр.).

У своєму видовому складі гібриди французької селекції за вмістом Al переважають над французькими та українським Лан 59. Так, у насінні американських гібридів Yuki та Prime дані показники становили – 1,545 – 1,548 мг, а ще меншим показником вмісту даного мікроелемента вирізнявся гібрид української селекції Лан 59, що становив – 1,540 мг. Найвищий вміст Al був у французьких гібридів, що коливався в межах від 1,550 до 1,555 мг/100 г.

Марганець бере участь в утворенні кісткової і сполучної тканини та входить до складу ферментів, що включаються в метаболізм амінокислот, вуглеводів. Виявлено, що вміст даного мікроелементу значно нижчий у насінні французьких, порівняно з українським та американськими гібридами сорго зернового. Так, у досліджуваних французьких гібридів Targga, Anggy, Burggo вміст Mn був в межах від 2,367 до 2,412 мг, а найвищим він був у американського Prime і становив – 2,455 мг/100 г.

За вмістом B найкращим виявився американський гібрид Yuki, оскільки вміст даного мікроелемента становив – 0,347 мг, у французького гібриду Burggo вміст бору був найменшим – 0,325 мг.

Мідь входить до складу ферментів, що забезпечують окислювально-відновну активність і беруть участь у метаболізмі заліза, стимулюючи засвоєння білків і вуглеводів. У складі французьких гібридів таких як: Targga і

Anggy, відзначалася значно менша їх кількість на рівні 0,315 і 0,312 мг, у Лан 59 вміст Cu був дещо вищим – 0,325мг. Значно вищі показники міді були у насінні американських гібридів і були в межах від 0,375 до 0,380 мг/100г.

Стосовно не менш важливішого мікроелементу як цинк, який входить до складу більш ніж 300 ферментів, а також бере участь в процесах синтезу і розпаду вуглеводів, білків, жирів, нуклеїнових кислот, то можна відзначити перевагу американських і українського гібриду Лан 59 над французькими. Так, вміст цинку в французьких гібридів коливався в межах – 1,94–2,00 мг, у порівнянні з американським гібридом Yuki та українським гібридом Лан 59, відповідно 2,02 і 2,03 мг. У американського гібриду сорго зернового Prime встановлено найвищий показник вмісту такого мікроелементу як цинк на рівні – 2,15 мг/100 г.

Висновки. В середньому за роки досліджень, за харчовою цінністю, а саме вищим вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів, виділився американський – Prime, калорійність якого становила – 320 Ккал., з французьких – гібрид – Burggo з калорійністю – 318 Ккал.

Найвищі показники тіаміну виявлено у насінні гібридів американської селекції – Yuki і Prime, що становили – відповідно – 0,43–0,45 мг/100 г. В насінні американського гібриду сорго зернового – Prime встановлено найвищий показник вмісту біотину – 0,018 мг/100 г.

Досліджуваний гібрид сорго зернового американської селекції Prime, за роки досліджень, характеризувався найвищим вмістом Na у своєму складі, що становив – 26 мг/100г. В результаті досліджень виявлено, що вміст Co у всіх досліджуваних гібридів сорго зернового знаходився в однаковій кількості і становив – 2,0мг/100 г.

Найвищий вміст Al був виявлений у насінні французьких гібридів, дані показники були на рівні від 1,550 до 1,555 мг/100 г. За вмістом B найкращим виявився американський гібрид Yuki, оскільки вміст даного мікроелемента становив – 0,347 мг, у французького гібриду Burggo вміст бору був найменшим – 0,325 мг. У насінні американського гібриду сорго зернового Prime

встановлено найвищий показник вмісту такого мікроелементу як цинк на рівні – 2,15 мг/100 г.

Література

1. Дробот В. І., Приходько Ю.С., Белая Н. І. Характеристика хімічного складу та технологічних властивостей суцільнозернового борошна сорго. *Продовольчі ресурси*. 2017. №3. С. 115–120.
2. Kaijage J. T., Mutayoba S. K., Katule A. Chemical composition and nutritive value of Tanzanian grain sorghum varieties. *Livestock Research for Rural Development*. 2014 Vol. 26. №. 10.
3. Palavecino P. M., Penci M.C., Calderón-Domínguez G., Ribotta G., Daniel P. Chemical composition and physical properties of sorghum flour prepared from different sorghum hybrids grown in Argentina. *Wiley VCH Verlag*. 2016. № 8. P. 1055–1064.
4. Mohapatra D, Patel A. S., A Kar, Deshpande S. S., Tripathia M. K. Effect of different processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, anti-nutrients and ino acid profile of grain sorghum *Food chemistry*. 2019. Vol. 271. № 15 P. 129–135.
5. Afshar R. K., Jovini M. A. Chaichi M. R. Hashemi M. Grain sorghum response to arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilizer under deficit irrigation. *Agronomy Jurnal*. 2014. Vol. 106. Iss. 4. P. 1212–1218.
6. Hamed A. H. M., Abbas S. O., Ali K. A., Elimam M. E. Stover yield and chemical composition in some sorghum varieties in Gadarif state, Sudan. *Animal Review*. 2015. № 2 (3). P. 68–75.
7. Serna-Saldivar S. O., Espinosa-Ramírez J. Sorghum and Millets, Grain structure and grain chemical composition. *Sorghum and Millets (Second Edition) Chemistry, Technology and Nutritional Attributes*. 2019. P. 85-129.
8. Impa S. M., Perumal R., Bean S. R., Sunoj V. S. J. Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient

composition in field grown grain sorghum. *Journal of Cereal Science*. 2019. Vol. 86. P. 124–131.

9. Fan Zhu. Structure, physicochemical properties, modifications, and uses of sorghum starch. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2014 . V. 13. № 4. P. 597–610.

10. Anunciação P. C., de Moraes L., Gomes J. V. P., Lucia C. M. D., Carvalho C. W. P., Galdeano M. C., Queiroz V. A. V., Alfnas R. C. G., Martino H. S. D., Pinheiro-Sant'Ana H. M. Comparing sorghum and wheat whole grain breakfast cereals: Sensorial acceptance and bioactive compound content. *Food chemistry*. 2017. Vol. 221. № 15. P. 984–989.

11. Bean S. R., Wilson J. D., Moreau RA., Galant A., Awika J. M., Kaufman R. C., Adrianos S. L., Ioerger B. P. Structure and composition of the sorghum grain. *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives*. 2019. Vol. 58. P. 23–29.

12. Pontieri P., Troisi J., Di Fiore R., Di Maro A., Bean S. R. Et al. Mineral contents in grains of seven food-grade sorghum hybrids grown in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Crop Science*. 2014. Vol. 8. № 11. P. 1550–1559.

13. Gebremariam G., Assefa D. Nitrogen Fertilization Effect on Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield, Yield Components and Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) Infestation in Northern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research*. 2015. № 10. P. 14–23.

14. Каленська С. М., Найдено В. М. Якісний склад зерна сорго залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 105. С. 82–89.

15. Piper C. S. Soil and plant analysis. Scientific Publishers 2017 pp. 368 p.

16. Jones J. B. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. 2001. 357 p.

17. Ковальчук В. П., Васильев В. Г., Бойко Л. В., Зосимов В. Д. Сборник методов исследования почв и растений. К.: Труд-ГриПол., XXI вис, 2010. 252 с.

18. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: "Нічлава", 2003. 316 с.

19. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

References

1. Drobot, V. I., Prykhodko, Yu.S., Belaia, N. I. (2017). Characterization of chemical composition and technological properties of whole grain sorghum flour. *Food resources*, no, 3, pp. 115–120. (in Ukrainian).

2. Kaijage, J. T., Mutayoba, S. K., Katule, A. (2014). Chemical composition and nutritive value of Tanzanian grain sorghum varieties. *Livestock Research for Rural Development*, no. 26, pp. 10. (in English).

3. Palavecino P. M., Penci M. C., Calderón-Domínguez G., Georgina, Ribotta, Pablo Daniel. (2016). Chemical composition and physical properties of sorghum flour prepared from different sorghum hybrids grown in Argentina. *Wiley VCH Verlag*, no. 68, pp. 1055–1064. (in English).

4. Mohapatra D., Patel A. S., A. Kar, Deshpande S. S., Tripathia M. K. (2019). Effect of different processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, anti-nutrients and ino acid profile of grain sorghum. *Food chemistry*, no. 271, pp. 129–135. (in English).

5. Afshar R. K., Jovini M. A. Chaichi M. R. Hashemi M. (2014). Grain sorghum response to arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilizer under deficit irrigation. *Agronomy Jurnal*, vol. 106 (4), pp. 1212–1218. (in English).

6. Hamed A. H. M, Abbas S. O., Ali K. A., Elimam M. E. (2015). Stover yield and chemical composition in some sorghum varieties in Gadarif state, Sudan. *Animal Review*, no. 2(3), pp. 68–75. (in English).

7. Serna-Saldivar S. O., Espinosa-Ramírez J. (2019). Sorghum and Millets, Grain structure and the grain chemical composition. *Sorghum and Millets (The*

Second Edition) Chemistry, Technology and Nutritional Attributes. Pp. 85–129. (in English).

8. Impa S. M., Perumal R., Bean S. R., Sunoj V. S. J (2019). Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum. *Journal of Cereal Science*, no. 86, pp. 124–131. (in English).

9. Fan Zhu. (2014). Structure, physicochemical properties, modifications, and uses of sorghum starch. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, no. 13 (4), pp. 597–610. (in English).

10. Anunciação P. C., de Moraes C. L., Gomes J. V. P., Lucia C. M. D., et al. (2017). Comparing sorghum and wheat whole grain breakfast cereals: Sensorial acceptance and bioactive compound content. *Food chemistry*, no. 221, pp. 984–989. (in English).

11. Bean S. R., Wilson J. D., Moreau R. A., Galant A., Awika J. M., Kaufman R. C., Adrianos S. L., Ioerger B. P. (2019). Structure and composition of the sorghum grain. *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives*, Vol. 58, pp. 23–29. (in English).

12. Pontieri P., Troisi J., Di Fiore R., Di Maro A., et al (2014). Mineral contents in grains of seven food-grade sorghum hybrids grown in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Crop Science*, no. 8 (11), pp. 1550–1559. (in English).

13. Gebremariam G., Assefa D. (2015). Nitrogen Fertilization Effect on Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield, Yield Components and Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) Infestation in Northern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research*, no. 10, pp. 14–23. (in English).

14. Kalenska S. M., Naidenko V. M. (2019). The qualitative composition of sorghum grain, depending on the elements of cultivation technology. *Taurian Scientific Bulletin*, vol. 105 (1), pp. 82–89. (in Ukrainian).

15. Piper C. S. Soil and plant analysis. Scientific Publishers 2017 pp. 368 p. (in English).

16. Jones Jr. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. 357 p. (in English).
17. Kovalchuk V. P., Vasylev V. H., Boiko L.V., Zosymov V. D. (2010). Collection of soil and plant research methods. Kiev: Labor-GriPol., XXI Century, 252 p. (in Ukrainian).
18. Hrytsaienko Z. M. (2003). Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils. Kiev: Nichlova, 316 p. (in Ukrainian).
19. Ermantraut E. R., Prysiashniuk O. I., Shevchenko I. L. (2007). Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6.0 package. Kyiv: Polygraph Consulting, 55 p. (in Ukrainian).

Аннотация

Сторожик Л. И., Войтовская В. И., Третьякова С. А., Завгородняя С. В.
Химическая составляющая семян сорго зернового (*Sorghum bicolor*) в зависимости от биологических особенностей гибридов

Сорго является адаптивной культурой, его высокая пластичность, посухо- и жароустойчивость объясняется африканским происхождением. Сорго зерновое имеет возможность расти там, где сформировались худшие условия для других сельскохозяйственных культур: на малоплодородных песчаных почвах, в условиях дефицита влаги, культура с легкостью переносит высокие температуры во время цветения и образует восковой налет, защищая себя от перегрева, вредителей и болезней.

Целью исследования было определить химическую составляющую семян исследуемых гибридов сорго зернового. Установить в гибридах различной селекции в составе содержание белков, жиров, углеводов, а также витаминов, макро- и микроэлементов.

По пищевой ценности, а именно высоким содержанием белков, жиров и углеводов среди исследуемых гибридов, выделился американский гибрид - Prime,

калорийность которого составляла – 320 ккал., из французских – гибрид – *Burggo* с калорийностью – 318 ккал.

Самые высокие показатели тиамина обнаружено в семенах гибридов американской селекции – *Yuki* и *Prime*, составлявших – соответственно – 0,43–0,45 мг/100 г. В семенах американского гибрида сорго зернового – *Prime* установлен самый высокий показатель содержания биотина – 0,018 мг / 100 г.

Исследуемый гибрид сорго зернового американской селекции *Prime* характеризовался высоким содержанием в составе Na, на уровне – 26 мг/100г. В результате исследований выявлено, что содержание кобальта (Co) во всех исследуемых гибридах сорго зернового находился в одинаковом количестве и составил – 2,0мг / 100 г.

Высокое содержание Al было обнаружено в семенах французских гибридов, данные показатели были на уровне от 1,550 до 1,555 мг/100 г. По содержанию бора (B) наилучшим оказался американский гибрид *Yuki*, поскольку содержание данного микроэлемента было – 0,347 мг, у французского гибрида *Burggo* содержание бора более меньше – 0,325 мг. В семенах американского гибрида сорго зернового *Prime* установлен самый высокий показатель содержания такого микроэлемента как цинк на уровне – 2,15 мг/100 г. **Ключевые слова:** сорго зерновое, витамины, микро– и макроэлементы, гибрид.

Annotation

Storozhyk L. I., Voitovska V. I., Tretiakova S. O., Zavhorodnia S. V.

Chemical composition of Sorghum (Sorghum bicolor) depending on biological features of hybrids

Sorghum is an adaptive culture, its high plasticity, dry and heat resistance is due to African origin. Grain sorghum has the ability to grow where the worst conditions for other crops have formed: on low-fertile sandy soils, in conditions of moisture deficiency, the crop easily tolerates high temperatures during flowering and forms a wax coating, protecting itself from overheating, pests and diseases.

The aim of the study was to determine the chemical component of the seeds of the studied hybrids of grain sorghum. To establish the content of proteins, fats, carbohydrates, as well as vitamins, macro– and microelements in hybrids of various breeding.

In terms of nutritional value, namely, a high content of proteins, fats and carbohydrates among the studied hybrids, the American hybrid Prime stood out, with a calorie content of 320 kcal., And from the French hybrid Burggo with a calorie content of 318 kcal.

The highest thiamine values were found in the seeds of American selection hybrids – Yuki and Prime, which amounted to 0,43–0,45 mg/100 g, respectively. The seeds of the American hybrid of sorghum–grain – Prime set the highest biotin content – 0,018 mg/100 g.

The studied hybrid of sorghum–grain American Prime breeding was characterized by a high content of Na, at a level of 26 mg/100g. As a result of the studies, it was found that the content of cobalt (Co) in all the studied hybrids of sorghum grain was in the same amount and amounted to 2,0 mg/100 g

A high Al content was found in the seeds of French hybrids, these indicators were at a level of from 1,550 to 1,555 mg/100 g. According to the boron content (B), the American Yuki hybrid turned out to be the best, since the content of this microelement was 0,347 mg, the content of the French Burggo hybrid less boron – 0,325 mg. The seeds of the American hybrid of sorghum grain Prime have the highest content of such a trace element as zinc at the level of 2,15 mg/100 g.

Keywords: *sorghum grain, vitamins, micro and macro elements, hybrid.*