

УДК 663.17:631:52.664.64.016-021.465
DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.36>

ОСНОВНІ НУТРИЄНТИ ЗЕРНА СОРГО ЗЕРНОВОГО (*SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH) ГІБРИДІВ ІНОЗЕМНОЇ СЕЛЕКЦІЇ І ПРОДУКТІВ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

Сторожик Л.І. – д.с.-г.н., професорка,

г.н.с. лабораторії насіннізнавства, насінництва та розсадництва,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

Національної академії аграрних наук України

Завгородня С.В. – д.філос.,

с.н.с. спеціалізованої контрольно-насінневої аналітико технологічної лабораторії,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

Національної академії аграрних наук України

Свиридова Л.А. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва,

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

Міністерства освіти та науки України

Свиридов А.М. – к.с.-г.н., доцент,

професор кафедри землеробства та гербології,

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

Міністерства освіти та науки України

Балян І.В. – д.філос.,

заступник директора?

Закарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

У статті представлено дослідження щодо порівняльної оцінки вмісту основних нутрієнтів у зерні, крупі та борошні сорго зернового вітчизняної, американської та французької селекції. За вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів, виділився американський – ‘Milo W’, калорійність якого становила – 321 Ккал., з французьких – гібрид – ‘Brigga’ з калорійністю – 317 Ккал. Серед вітамінів групи В у зерні найбільше В1, В3 та В6. У зерні американського гібриду ‘Milo W’ вміст тіаміну становив 0,361 мг/100 г зерна, ніацинамід – 0,55 мг/100 г та 0,418 мг/100 г вітаміну В6. У крупі кількісна складова вітамінів знизилась на 5–10%, у борошні майже в 2 рази. Вітчизняний гібрид Степовий 8 не поступався американським гібридам і тіаміну мав 0,345 мг/100 г зерна, ніацинамід – 0,45 та 0,327 мг/100 г вітаміну В6. Вітаміну РР (нікотинова кислота) міститься у зерні гібриду американської селекції, ‘Milo W’ – 5,22 мг/100 г, вітчизняного гібриду Лан 59 – 3,637 та французького ‘Brigga’ – 4,434 мг/100 г. Встановлено, що у зерні гібридів американської та вітчизняної селекції містилося вітаміну Е 0,89–0,81 мг/100 г. У крупі та борошні вміст вітаміну РР знизився на 10–24%, вітаміну Е зменшилось на в середньому на 20–30%. Найбільша кількість мінеральних речовин встановлена у зерні гібридів української та американської селекції, де калію містилося в середньому 371 мг/100 г, магнію 135 мг/100 г, кальцію – 13 мг/100 г, сірка – 96 мг та заліза 3,6 мг/100 г. Зерно французьких гібридів зазначених нутрієнтів мало менше на 2%. У крупі та борошні вміст макроелементів знизився на 12–14%, а у борошні на 26–67%. Фосфору виявлено найбільше у зерні французьких гібридів, його вміст у гібридів ‘Aggyl’, ‘Anggy’, ‘Brigga’ коливався в межах від 271 до 280 мг/100 г. Високий показник кількості фосфора встановлено і у американського гібриду ‘Ronki’, вміст нутрієнта становив – 287 мг/100 г. Зерно сорго досліджуваних гібридів у своєму складі мало купрума та кальція у межах 12–14 мг/100 г. У крупі та борошні зазначені нутрієнти знизились в середньому на 15 та 31% відповідно.

Ключові слова: сорго, вміст, нутрієнти, зерно, крупа, борошно.

Storozhyk L.I., Zavorodnia S.V., Svyrydova L.A., Svyrydov A.M., Balian I.V. Main Nutrients of Grain Sorghum Grain (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) Hybrids of Foreign Selection and Products of Its Processing

The article presents a study on a comparative assessment of the content of the main nutrients in grain, cereals and flour of grain sorghum of domestic, American and French selection. According to the content of proteins, fats and carbohydrates among the studied hybrids, the American – 'Milo W' stood out, the caloric content of which was – 321 Kcal., from the French – a hybrid – 'Brigga' with a caloric content of 317 Kcal. Among the B vitamins, the grain contains the most B1, B3 and B6. In the grain of the American hybrid 'Milo W', the content of thiamine was 0.361 mg/100 g of grain, niacinamide – 0.55 mg/100 g and 0.418 mg/100 g of vitamin B6. In cereals, the quantitative component of vitamins decreased by 5–10%, in flour by almost 2 times. The domestic hybrid Steppe 8 was not inferior to American hybrids and thiamine had 0.345 mg/100 g of grain, niacinamide – 0.45 and 0.327 mg/100 g of vitamin B6. Vitamin PP (nicotinic acid) is contained in the grain of a hybrid of American selection, 'Milo W' – 5.22 mg/100 g, domestic hybrid Lan 59 – 3,637 and French 'Brigga' – 4,434 mg/100 g. It was established that the grain of hybrids of American and domestic selection contained vitamin E 0.89–0.81 mg/100 g. In cereals and flour, the content of vitamin PP decreased by 10–24%, vitamin E decreased by an average of 20–30%. The greatest amount of minerals is found in the grain of hybrids of Ukrainian and American selection, where potassium contained an average of 371 mg/100 g, magnesium 135 mg/100 g, calcium – 13 mg/100 g, sulfur – 96 mg and iron 3.6 mg/100 g. Grain of French hybrids of these nutrients is not less than 2%. In cereals and flour, the content of macronutrients decreased by 12–14%, and in flour by 26–67%. Phosphorus was found the most in the grain of French hybrids, its content in hybrids 'Aggy', 'Anggy', 'Brigga' ranged from 271 to 280 mg/100 g. A high amount of phosphorus was also established in the American hybrid 'Ponki', the nutrient content was – 287 mg/100 g. Sorghum grain of the studied hybrids in its composition had cuprum and calcium in the range of 12 – 14 mg/100 g. In cereals and flour, these nutrients decreased in the heart by 15 and 31%, respectively.

Key words: sorghum, content, nutrients, grain, groats, flour/

Постановка проблеми. Рослинництво на сьогодні переходить на новий якісний і економічний рівень продуктивності, рентабельності та екологічної безпеки в обсязі виробництва сільськогосподарської продукції. Сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – це зерно, багате як крохмалем, так і іншими цінними поживними речовинами, і це п'ята найбільш розповсюджена у світі зернова культура [1]. Культура сорго має оптимальні агротехнічні характеристики, стійка до шкідників та хвороб, проявляє пластичність до агрокліматичних умов та сівби, вирощується в посушливих районах, розподіляючи таким чином широкий географічний ареал [2; 3]. Одним із визначальних критеріїв одержання високих врожаїв сорго зернового при дотриманні та своєчасному виконанні технологічних заходів є добір сортів і гібридів з високим потенціалом врожайності та підвищеною адаптивністю до несприятливих абіотичних факторів зони вирощування. Зерно сорго здебільшого використовується на корм тваринам із за його високої перетравності, а от його потенціал як інгредієнта раціону людини ще не повністю пізнаний. Сьогодні більше, ніж будь-коли, споживачі вимагають продуктів, які забезпечують оптимальну користь для здоров'я.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах зростання попиту на зерно вимагає використання нових сучасних гібридів з високим і різним складом нутрієнтів, а також розробки нових харчових форм його використання. З літературних джерел відомо, що якість круп'яного продукту залежить від характеристик зерна, які значно можуть змінюватись від генотипу сорту та агрокліматичних умов вирощування культури [3; 4]. Вочевидь, вища якість зерна буде сприяти отриманню крупи та борошна із вищою харчовою цінністю. Отже, біохімічних показникам зерна сорго зернового приділено значну увагу в науковій літературі, проте недостатньо вивчено для крупи та борошна [5; 6; 7]. Впровадження у виробництво нових сортів сорго зернового вимагає проведення детальніших

досліджень. Погіршення екологічного стану довкілля спричинило збільшення числа випадків захворювань людей, яке пов'язане з порушенням обміну речовин і виникненням алергій на компоненти харчових продуктів, спричинено спадковістю та нераціональним харчуванням.

Ринок продуктів, що не містять глютену, поживався через занепокоєння споживачів щодо сучасної хвороби целиакії [8]. За цього захворювання порушується засвоєння поживних речовин у тонкому кишечнику білком, який міститься в злакових, – глютені. За даними ВООЗ, на целиакію страждає близько 1% населення земної кулі. Хворі на целиакію зареєстровані і в Україні.

Раціон харчування цих хворих дуже обмежений. Традиційні хлібобулочні вироби їм протипоказані, оскільки білки таких виробів містять гліадин, адже саме він спричиняє виникнення алергічних реакцій у хворих на целиакію [8; 9]. Єдиним способом лікування цього захворювання і профілактики всіх його важких ускладнень є суворе і довічне дотримання безглютенової дієти [10; 11].

І це дає можливість оцінити «нові» зернові сільськогосподарські культури, зерно яких у своєму складі не має глютену та альтернативні їх інгредієнти, як новий напрямок використання сорго [12; 13]. Сорго має великий потенціал для безглютенового ринку, як здоровий альтернативний харчовий продукт. Зерно сорго багате фітохімічними речовинами, такими як фенольні кислоти та конденсовані дубильні речовини, які, як відомо, мають антиоксидантну та антирадикальну дію і позитивно впливають на організм [14; 15; 16].

Зерно сорго можна перемолоти в крупу та борошно, яке може бути використане як основний безглютеновий інгредієнт хлібобулочних виробів. Безпечна безглютенова харчова продукція повинна мати не більше 20 мг глютену на 1 кг готового виробу. Тому, щоб була відповідність зазначеній нормі, вся сировина та інгредієнти не повинні містити глютену. Борошно з зерна сорго не містить білків гліадинової фракції, що утворюють клейковину. Таке борошно дозволено використовувати для виготовлення безглютенової продукції для хворих на целиакію [17]. Соргове борошно порівняно з пшеничним містить більшу в 1,5 рази кількість білків, які здатні зменшувати рівень холестерину в крові та нормалізувати роботу шлунку, жирів, що містять в своєму складі 83–88% ненасичених жирних кислот, в тому числі лінолеву – 38–42 мг і ліноленову – 3–4 мг/100 г, є важливим джерелом профілактики атеросклерозу, хвороб серця та судин. Це борошно також багате марганцем – 24,8, міддю – 2,94 і молібденом – 0,6 мг/кг, фенольними та дубильними речовинами, які мають протиракові кардіозахисні властивості. [17, 18].

Досягнення в галузі нутрігеноміки і нутрігенетики сприятиме збільшенню обсягів ринку безглютенових продуктів харчування. Хлібобулочні та кулінарні й кондитерські борошняні вироби, що не містять глютену, є одним із сегментів цього ринку.

Загалом хімічний склад зерна сорго залежить від ряду чинників – біологічної особливості сортів і гібридів, технології вирощування, а також кліматичних умов [19]. Біохімічні властивості зерна визначаються його хімічним складом, розподілом хімічних речовин з анатомічних частин зерна.

Дослідження біохімічних перетворень, що відбуваються у зерні під час його проростання, дозрівання, зберігання та переробки дозволяє шляхом регулювання зовнішніх умов підвищити технологічні переваги та харчову цінність зерна. Зерно, як і будь-який живий організм, чуйно реагує на зовнішнє середовище, тому впливати на зерно потрібно з урахуванням його фізіології. Тому в цьому аспекті дуже важливо знати, що різні гібриди сорго зернового мають дуже різноманітні

характеристики, що визначаються складом нутрієнтів і харчовою цінністю цієї культури. Задля різнобічного використання зерна сорго необхідно чітко знати всі його властивості, а також його кількісну хімічну складову різних елементів: білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон, вітамінів та макро, мікроелементів, особливо після переробки.

Метою дослідження було визначення та порівняння кількісного складу нутрієнтів зерна сорго, цільнозернової крупи і борошна як безглютенового продукту.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженнях використовували зерно гібридів сорго зернового, які внесені до Державного реєстру сортів рослин України, придатних для поширення в Україні. Представлені гібриди сорго ранньостиглі, середньостиглі та середньоранні, які проявляють холодостійкість. Всі вони низькорослі, а отже, волиги для їхнього повноцінного розвитку потрібно набагато менше. У дослідженнях були задіяні гібриди вітчизняної селекції 'Лан 59' та 'Степовий 8', французької селекції, яких об'єднує декілька спільних рис: високотехнологічність, урожайність, високоадаптивність та універсальність. Серед флагманів французької селекції гібриди Анггі (Anggy), Бріггта (Brigga) та Аггіл (Aggy). Anggy – високоврожайний навіть за дуже посушливих умов, гібриди Brigga та Aggy – білозерні, з чудовими смаковими якостями, ідеальні для харчових цілей, з високою вологовіддачею. Вони є високопластичними та стійкими до вилягання.

Гібриди американської селекції мають низку важливих особливостей, як: посухо- і холодостійкість, високоадаптивність та генетичну стійкість до окремих видів попелиці, стійкість до вилягання й осипання.

Milo W (Майло В) – гібрид білозерного сорго, зі строком вегетації 115–120 днів, є, водночас, інтенсивним та високопластичним. Ponki (Понкі) – цінний білозерний гібрид, використовується для харчових цілей через скловидний ендосперм зернівки (так само як і в рису). Його волоть розпушена догори і це є його генетичною особливістю, завдяки чому гібрид можна впізнати на будь-якому полі. Термін вегетації 125 днів. Yutami (Ютамі) – гібрид із вегетацією 100–115 днів, надзвичайно врожайний, дуже популярний серед виробників завдяки інтенсивності (позитивна реакція на удобрення) і надзвичайній адаптивності.

Однак для максимального розкриття потенціалу будь-якого гібрида сорго його слід цілеспрямовано впроваджувати у сівозміну з використанням рекомендованих технологій у відповідній агрокліматичній зоні.

Зерно досліджуваних гібридів вирощувалось упродовж 2016–2021 років у Східному Ліссестепу на дослідному полі Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва (п/в «Докучаєвське» – 2, Харківський район, Харківська область), клімат – помірно-континентальний.

Основою ґрунтового покриву Харківського НАУ є чорноземи типові та чорноземи реградовані, які характеризуються глибоким гумусовим профілем, що сягає 120 см, містить 5,0–6,0% гумусу, має добрі фізичні властивості, підвищений вміст рухомих форм НРК і в цілому мають високу біологічну активність. Загальна глибина гумусового профілю чорноземи реградованої досягає 90–110 см, вміст гумусу становить 4,7–5,0%. За основними агрохімічними властивостями чорноземи реградовані мають проміжне положення між чорноземом глибоким і темно-сірими опідзоленими ґрунтами.

Агротехніка вирощування культури відповідає технології, прийнятій для зони Ліссестепу. Висівали сорго зернове у II декаді травня (температура ґрунту – +13...+15°C) сівалкою трактора СЗ-3,6 із міжряддями 70 см. Норма

висіву насіння – 6–8 кг/га. Досліди закладали методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти розміщували по ділянках послідовно [20; 21]. Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Повторність досліду – чотириразова.

Лабораторні дослідження проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Зерно сорго переробляли на цільнозернову крупу та борошно та визначали основний склад нутрієнтів. Масову частку білкових речовин визначали методом К'ельдаля, вміст жиру – методом Сокслета, вміст крохмалю – методом Еверса вміст цукрів – йодометричним методом [22; 23]. Біохімічну складову зерна (крохмаль, білок, харчові волокна, жир, зола, глюкоза) визначали методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007, використовуючи Infratek 1241. Вміст вітамінів та амінокислот – методом рідинної хроматографії на аналізаторі Хромос-301.

Виклад основного матеріалу досліджень. Дослідженнями вітчизняних (Каленська С.М., 2019; Любич та інші, 2021; Сторожик Л.І. та інші, 2020) та зарубіжних (Dykes L. et al, 2005; Elhassan M. S. M., et al, 2015; Pontieri P., et al, 2022,) учених доведено, що вміст біохімічних речовин зерна може змінюватись залежно від біологічних особливостей гібриду [25; 26; 19; 27; 28; 1].

Придатність сорго та вектор його використання (харчовий та біоенергетичний) зумовлюється основними показниками якості зерна. Загалом зернові культури є основою виробництва харчових продуктів оздоровчого призначення. Крупа із зерна сорго звичайного (двокольорового) може забезпечувати людину майже всіма харчовими речовинами: білками й амінокислотами, жирами та жирними кислотами, вуглеводами, вітамінами, мінеральними солями, мікроелементами і може використовуватись як важливе джерело харчування [7; 19]. Тому крупи зернових культур та борошно є важливими харчовими і найбільш доступними продуктами для населення України.

Одним із важливих нутрієнтів зерна є білки, які на відміну від жирів і вуглеводів, не можуть замінюватися іншими харчовими елементами. Результатами досліджень встановлено, що зерно сорго зернового української селекції Лан 59 та Степовий 8 (стандарт), вирощене за стандартною технологією у своєму складі мають білків 10,95 та 11,0 г, жирів – 3,3–3,7 г відповідно, у гібридів американської селекції ‘Ponki’ ‘Milo W’ та ‘Yutami’ вміст білків був в межах 10,98–12,97 г, вміст жирів – 3,3–3,7 г, гібриди французької селекції мали 9,34 г білків та 2,5 г жирів у ‘Brigga’, 9,67 і 2,5 г – у ‘Anggy’ та 9,78 та 3,0 г у ‘Aggyl’ (Рис. 1).

Придатність зерна сорго для визначення подальшої технологічної переробки оцінюється за вмістом вуглеводів (крохмалю). За високо вмісту крохмалю сорго переробляється на біоетанол. Високий вміст вуглеводів зерна сорго харчового напряму забезпечують людський організм енергією, розщепляються до глюкози та слугують «їжею» для клітин головного мозку і забезпечують повноцінну роботу нервової системи, то слід зазначити що їх частка у зерні становила в середньому 76,2 мг/100 г у українських гібридах, в тому числі крохмалю 68,9 мг/100 г. Американські гібриди ‘Ponki’ ‘Milo W’ та ‘Yutami’ мали калорійність у середньому 76,7 мг/100 г (76,4 мг/100 г крохмалю), у французьких гібридів встановлено найменшу калорійність, яка у ‘Brigga’, становила 74,1 мг/100 г (крохмалю 64,8 мг/100 г), у ‘Anggy’ – 74,5 мг/100 г, (крохмалю 66,2 мг/100 г). У гібрида ‘Aggyl’ зазначені показники були відповідно 75,5 мг та 66,3 мг/100 г. Тому за харчовою цінністю, а саме вищим вмістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів можна виділити американський гібрид ‘Milo W’. Цінні харчові волокна

які необхідні для нормальної моторики кишківнику і підтримки мікрофлори у зерні сорго були у кількості по 6,0 г у гібридів Лан 59 та Степовий 8, у американських гібридах – 6,2-6,4 мг/100 г. Найвищий уміст харчових волокон встановлено у гібридів французької селекції – у ‘Brigga’ –7,7 мг/100 г, ‘Anggy’ –7,2 та ‘Aggy1’ – 6,8 мг/100 г.

Значущим продуктом харчування, що виробляється з зерна злакових культур, є крупа. Фізіологічними нормами харчування людини обґрунтована доцільність систематичного введення в раціон різних круп. Відомо, що всі крупи багаті на крохмаль і значною мірою – на білки. Також вони є і досить калорійними продуктами, які за відповідної кулінарної обробки добре засвоюються організмом людини. Особливо необхідні крупи в харчуванні дітей і хворих.

Лущення зерна основна технологічна операція за якої відділяються його оболонки, які містять хімічні елементи і які в подальшому відсіюються. Завдяки такому процесу у крупі уміст нутрієнтів змінився порівняно з зерном. Так, уміст білків, жирів і вуглеводів у крупі знизився на 2,55–2,58 мг/100 г, 0,1–0,48 та 0,6–6,5 мг/100 г (крохмалю на 0,8–0,5 мг/100 г) відповідно у гібридів Лан 58 та Степовий 8, у американських гібридів ‘Milo W’, ‘Ponki’ та ‘Yutami’ білків відповідно зменшилось на 2,58, 2,53, та 4,57 мг/100 г, жирів на 0,48, 0,26 та 0,20 мг/100 г, вуглеводів зменшилось на 3,4 г, 4,7 та 4,5 мг/100 г. Слід зазначити, що уміст крохмалю не зазнав змін. Така ж тенденція спостерігалась і у французьких гібридів ‘Aggy1’, ‘Anggy’, ‘Brigga’, де уміст білків знизився на 1,66, 1,59, та 1,34 мг/100 г відповідно. Кількість жирів після переробки знизилась в середньому на 0,27 мг, вуглеводів на 7,5–8,2 мг/100 г. Уміст крохмалю лишився не змінним. Кількість харчових волокон знизилась тільки у гібридів іноземної селекції: у французьких гібридів зменшилась на 1,3–2,5 мг/100 г, у американських – на 0,25 мг/100 г.

Дослідженнями Л.М. Пузік та В.К. Пузік, (2013), В.В., Любич та інші, (2021), С.О. Третьякової та інші, (2021) встановлено, що борошно, яке переробляють з зерна сорго має більшу кількісну складову зазначених нутрієнтів, порівняно

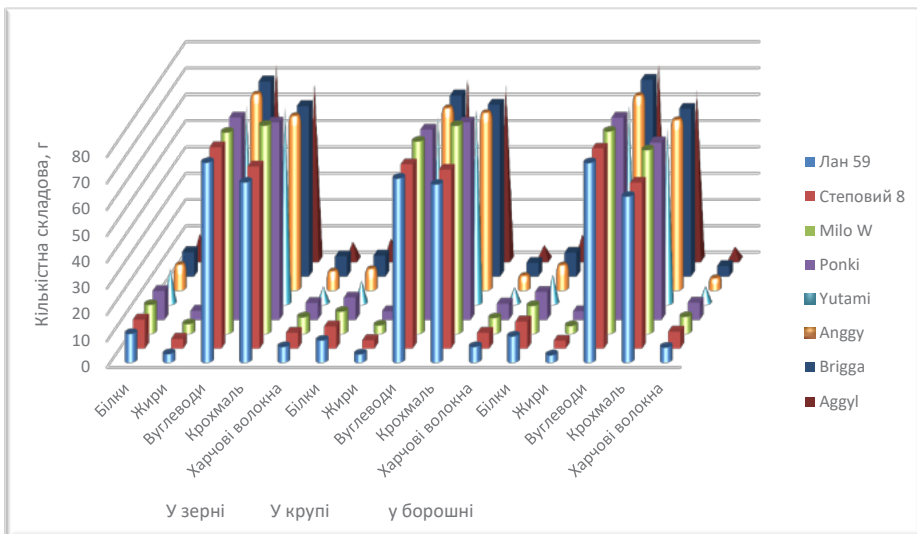


Рис. 1. Уміст основних нутрієнтів у зерні, крупі та борошні сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) гібридів вітчизняної та іноземної селекції

з крупою, та меншу, порівняно з зерном. Це можна пояснити тим, що на борошно перемелюється як ендосперм зерна так і його оболонки та зародок. Неоднорідна міцність структури зернини навіть у межах ендосперму дає змогу за правильно поставленому процесі подрібнення і сортування частинок виробляти борошно з різних частин ендосперму (внутрішньої і периферійної), яке відрізняється за своїм хімічним складом, властивостями і поживністю у зв'язку з нерівномірним розподілом речовин у зернині.

Так, аналіз результатів досліджень засвідчив, що білків, жирів і вуглеводів (у тому числі і крохмалю) у борошні, яке змелене з гібридів української селекції було в середньому 10,1 г, 2,9 та 75,9 мг/100 (63,0 мг/100 г) відповідно. У американських гібридів зазначені показники становили відповідно 10,6, 3,1, 76,5 мг/100 г (67,9 мг/100 г). Борошно змелене з гібридів французької селекції мало самі нижчі зазначені показники. Так, жири становили в середньому 2,2 г, білки – 9,3 мг, вуглеводи – 74,6 мг/100 г (крохмалю – 64,4 мг).

Кількість харчових волокон у гібридів української і американської селекції встановлено в середньому 6,4 мг, французької – 4,5 мг.

Такі нутрієнти, як вітаміни участь в обміні речовин живих організмів. Нестача, а також надлишок вітамінів призводять до виникнення серйозних захворювань. У зерні сорго містяться як водорозчинні вітаміни, так і жиророзчинні. До водорозчинних вітамінів зерна відносяться: тіамін (В1), рибофлавін (В2), ніацин (В3), піридоксин (В6), біотин (Н), аскорбінова кислота (С), пантотенова кислота (В12), міоінозит. Найбільше вітаміну В1 і В3 у висівках, у борошні вищого гатунку його зовсім мало. Так, за результатами досліджень тіаміну, який впливає на функції головного мозку і вищу нервову діяльність, захищає організм від старіння, і є антиоксидантом, то його у зерні гібридів української та французької селекції

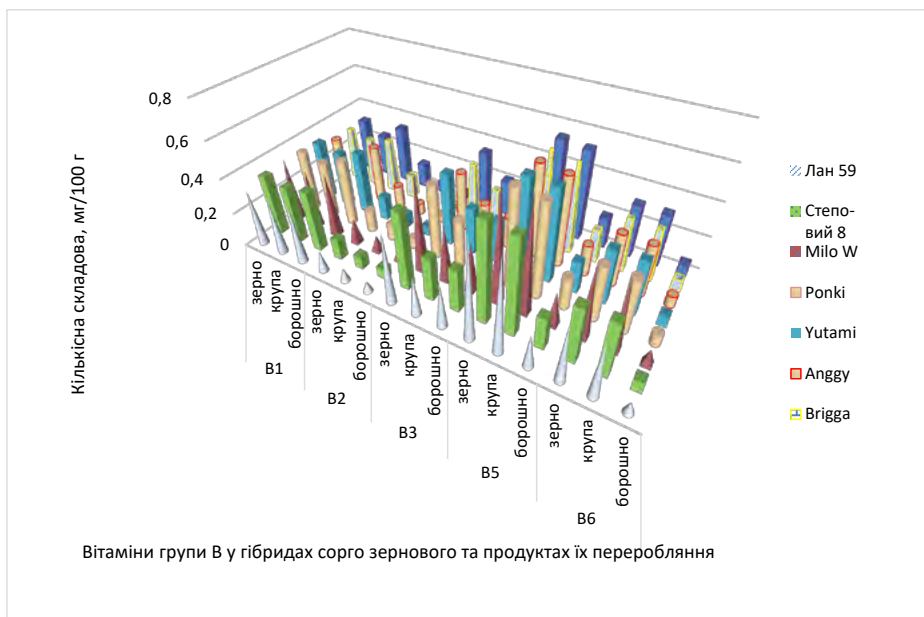


Рис. 2. Уміст вітамінів групи В у зерні сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) та продуктах його перероблення

встановлено в середньому 0,333 мг/100 г, у американських гібридів тіаміну виявлено в середньому 0,342 мг/100 г, у крупі уміст знизився на 0,07 мг, а у борошні ще на 0,03 мг/100 г, порівняно з крупою (рис. 2).

У зерні злаків вітаміну В₂ менше, ніж вітаміну В1. Так, у зерні українських гібридів рибофлавін був у кількості 0,12 мг/100 г, у американських – 0,14 мг/100 г, у французьких – 0,13 мг/100 г. У крупі та борошні кількість вітаміну В2 у іноземних гібридах знизилась у два рази.

Найвищий уміст вітаміну В3 («ніацин» або «ніацинамід»), що забезпечує енергетичний метаболізм, відмічено у зерні гібридів 'Milo W', 'Ponki' та 'Yutami', де кількісна складова зазначеного нутрієнта становила відповідно 0,55, 0,43 та 0,42 мг/100 г. У зерні гібридів вітчизняної селекції показники вітаміну В3 становили 0,41 мг/100 г у гібрида Лан 59 та 0,45 мг/100 г у гібрида Степовий 8.

У крупі гібридів 'Milo W', 'Ponki' та 'Yutami' ніацинамід було у кількості 0,33 мг/100 г, 0,28 та 0,27 мг/100 г. У гібридів Лан 59 та Степовий 8 – в середньому 0,25 мг/100 г. Найменшу кількість вітаміну В3 мали французькі гібриди – 0,21 мг/100 г. При переробці крупи на борошно кількість вітаміну В3 знижується в середньому на 11–15% у всіх досліджуваних гібридів.

Вітамін В5 (пантотенова кислота), яка бере участь у обмінних процесах та синтезу гормонів у зерні досліджуваних гібридів була майже на одному рівні і становила в середньому 0,542–0,661 мг/100г. При переробці на крупу кількість вітаміну В5 дещо знизилась, а от вже у борошні зазначений нутрієнт знизив кількісну складову у гібридів вітчизняної, французької та американської селекції на 32%, 30, 29% відповідно. Аналогічний процес відбувся і з вітаміном В6, який відповідає за нервову та імунну системи і бере участь в утворенні еритроцитів, необхідний для білкового та жирового обміну живого організму, міститься у зерні та крупі від 0,307–0,302 мг/100 г у гібридів французької селекції, 0,401–0,351 мг/100 г у американських гібридах та 0,325–0,320 мг/100 г – вітчизняних.

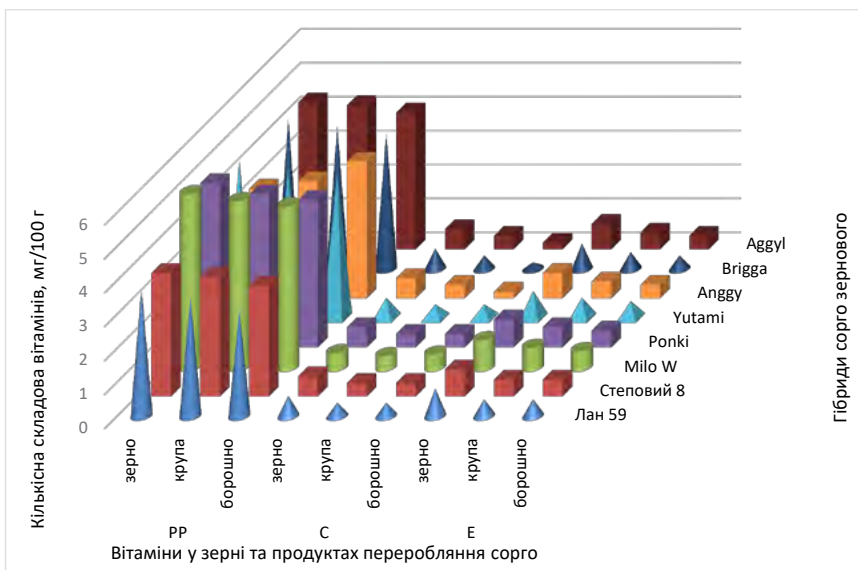


Рис. 3. Уміст вітамінів у зерні сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) та продуктах його перероблення

Аскорбінова кислота утворюється в зерні з моменту проростання. Вітамін С, який міститься у зерні і продуктах його переробляння був у кількості 0,4–0,6 мг/100 г. Зерно та продукти його переробляння містять і вітамін РР, який покращує обмінні процеси, розщеплює жири та стимулює вироблення жирних кислот, амінокислот, стероїдних гормонів та вітамінів А та Д (Рис. 3).

Вітамін РР (нікотинова кислота), яка регулює діяльність вищої нервової системи, захищає серцево-судинну систему, запобігає розвитку тромбозів і гіпертонічної хвороби та сприяє процесам детоксикації організму, то за результатами досліджень встановлено, що зазначений елемент має найвищі показники у зерні гібридів американської селекції, ‘Milo W’ – 5,22 мг/100 г, ‘Ponki’ – 4,83 та ‘Yutami’ – 4,63 мг/100 г. Зерно вітчизняних гібридів Лан 59 і Степовий 8 та французьких ‘Aggyl’, ‘Anggy’, ‘Brigga’ вітаміну РР мали в середньому на 24% – менше. У крупі та борошні уміст зазначеного нутрієнту знизився на 10–15% у всіх досліджуваних гібридів.

Наявність жиророзчинного вітаміну Е виявлена у зерні гібридів вітчизняної та американської селекції у кількості 0,81–0,90 мг/100 г. Найменше вітаміну встановлено у зерні французьких гібридів. За переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного нутрієнту знизилась в середньому на 20–30%.

Наявність мінеральних речовин у зерні впливає на його харчову цінність та продуктів його перероблення і визначає технологічні властивості самого зерна.

Основну масу мінеральних речовин становлять макроелементи: кальцій, калій, магній, сірка і залізо (Рис. 4).

За результатами наших досліджень у зерні гібридів української та американської селекції калію містилося в середньому 371 мг/100 г, у французьких гібридів на 8% більше. У крупі зазначений макроелемент знизився на 12–14% у гібридів української та американської селекції та на 16% у гібридів французької селекції. Суттєво знизилась кількість калію у борошні. Так, у американських гібридів, ‘Milo W’, ‘Ponki’ та ‘Yutami’ та вітчизняних гібридів Лан 59 і Степовий 8 уміст калію знизився в середньому на 25%, а у французьких ‘Aggyl’, ‘Anggy’, ‘Brigga’ – на 26%.

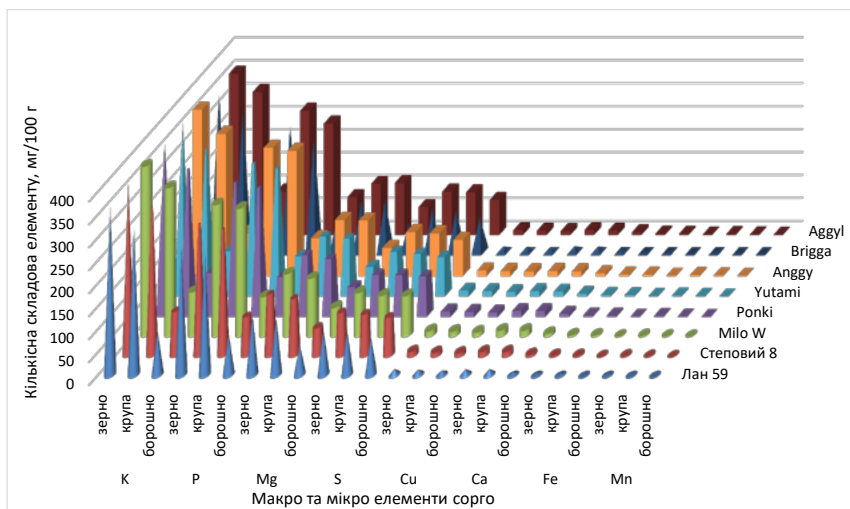


Рис. 4. Уміст макро та мікроелементів у зерні сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) та продуктах його переробляння

Кількісна складова магнія у зерні зазначених гібридів різнилась у межах 2–5%. Так, у гібрида ‘Степовий 8’ зазначеного нутрієнта було 135 мг/100 г, що на 4% більше, порівняно з гібридом ‘Лан 59’. Американські гібриди мали різницю між гібридами всього 2%, ‘Ponki’ – 132 мг, ‘Milo W’ – 137 мг/100 г. У Французьких гібридів магнія встановлено в середньому 116 мг, що на 7% менше порівняно з українським гібридом Степовий 8 та на 4,5% порівняно з американським ‘Yutami’.

Тенденція зменшення нутрієнтів у крупі і борошні зберігається. Так, у американських гібридів ‘Milo W’, ‘Ponki’ та ‘Yutami’ та вітчизняних ‘Степовий 8’ і Лан 59 уміст магнія знизився на 3–5% у крупі та на 60% у борошні. У французьких гібридів зазначений нутрієнт знизився на 37 та 69% відповідно.

Фосфор бере участь у багатьох фізіологічних процесах, включаючи енергетичний обмін, регулює кислотно-лужний баланс, входить до складу фосфоліпідів, нуклеотидів і нуклеїнових кислот. За наявності Р у насінні американські гібриди значно переважають французькі, оскільки його вміст у гібридів ‘Aggy1’, ‘Anggy’, ‘Brigga’ коливався в межах від 271 до 280 мг/100 г. Найвищі показники сформувалися в американського гібриду ‘Ponki’, вміст Р у якому становив – 287 мг, тоді як в українського гібриду Степовий 8 і американського ‘Milo W’ вони були дещо меншими, на рівні 285 мг/100 г. Найменшим вмістом Р у своєму складі – 271 мг характеризувався гібрид французької селекції – ‘Aggy1’, на 14 мг більше було в гібриду ‘Anggy’ – 285 мг/100 г.

Зерно сорго всіх досліджуваних гібридів у своєму складі мало купрума та кальція у межах 12–14 мг/100 г. У крупі та борошні зазначені нутрієнти знизились в середньому на 15 та 31% відповідно.

Найменшим уміст сірки (S) – 90,2 мг/100 г зерні має гібрид американської селекції ‘Ponki’, у зерні французьких гібридів вміст нутрієнту коливався в межах від 94,7 до 96 мг/100 г, в американських ‘Milo W’ та ‘Yutami’ та вітчизняних гібридів кількісна складова нутрієнту становила в середньому 96 мг/100 г. У крупі та борошні кількість знизилась на 5–15%.

Мікроелемент марганець входить до складу ферментів, що включаються в метаболізм амінокислот та вуглеводів і бере участь в утворенні кісткової і сполучної тканини. Дослідженнями встановлено, що уміст даного нутрієнту нижчий у зерні французьких, порівняно з українським та американськими гібридами сорго зернового. Так, у досліджуваних французьких гібридів ‘Aggy1’, ‘Anggy’, ‘Brigga’ вміст Mn був в межах від 2,25 до 2,29 мг/100 г, а найвищим він був у зерні американського гібриду ‘Milo W’ і становив – 2,41 мг/100 г і як вище зазначені нутрієнти знижувався у крупі та борошні.

Заліза найбільше виявлено у зерні американських гібридів, ‘Milo W’ – 3,7 мг/100 г, ‘Yutami’ та ‘Ponki’ в середньому 3,4 мг/100 г, у вітчизняних та французьких гібридів зазначений нутрієнт становив відповідно 3,5 та 3,1 мг/100 г. У крупі уміст заліза знизився на 2%, а от у борошні відбулося суттєве зниження заліза у всіх досліджуваних гібридів в середньому на 65-74%.

Висновки та пропозиції. За роки досліджень, умістом білків, жирів та вуглеводів серед досліджуваних гібридів, виділився американський – ‘Milo W’, калорійність якого становила – 321 Ккал., з французьких – гібрид – ‘Brigga’ з калорійністю – 317 Ккал.

Серед вітамінів групи В у зерні найбільше В1, В3 та В6. Серед досліджуваних гібридів виділився американський ‘Milo W’, який мав уміст тіаміну 0,361 мг/100 г зерна, ніацинамід – 0,55 мг/100 г та 0,418 мг/100 г вітаміну В6. У крупі кількісна складова вітамінів знизилась на 5–10%, у борошні майже в 2 рази. Французький

гібрид 'Brigga' мав у зерні тіаміну 0,307 мг/100 г, у крупі та борошні уміст знизився і становив відповідно 0,272 та 0,242 мг/100 г. Ніацінамід був у кількості – 0,35 мг/100 г зерна та 0,307мг/100 г вітаміну В6. Вітчизняний гібрид Степовий 8 не поступався американським гібридам і тіаміну мав 0,345 мг/100 г зерна, ніацінаміду – 0,45 та 0,327мг/100 г вітаміну В6. Тенденція зменшення умісту вітамінів у крупі та борошні збереглася.

Вітамін РР (нікотинава кислота) мав найвищу кількісну складову у зерні гібриду американської селекції, 'Milo W – 5,22 мг/100 г, вітчизняного гібриду Лан 59 – 3,637 та французького 'Brigga' – 4,434 мг/100 г. У крупі та борошні уміст вітаміну РР знизився на 10-24% у всіх досліджуваних гібридів.

Встановлено, що зерно гібридів американської та вітчизняної селекції мало вітаміну Е у кількості 0,89–0,81 мг/100 г. Найменше вітаміну виявлено у зерні французьких гібридів. За переробки зерна на крупу та борошно кількість зазначеного нутрієнту зменшилась в середньому на 20-30%.

Досліджено, що основну масу мінеральних речовин становлять: кальцій, калій, магній, сірка і залізо, фосфор. Найбільша їх кількість встановлена у зерні гібридів української та американської селекції, де калію містилося в середньому 371 мг/100 г, магнію 135 мг/100 г, кальцію – 13 мг/100 г, сірка – 96 мг та заліза 3,6 мг/100 г. Зерно французьких гібридів зазначених нутрієнтів мало менше на 2%. У крупі та борошні уміст макроелементів знизився на 12–14%, а у борошні на 26–67%. Фосфора виявлено найбільше у зерні французьких гібридів, його вміст у гібридів 'Aggyl', 'Anggy', 'Brigga' коливався в межах від 271 до 280 мг/100 г. Високий показник кількості фосфора мав і американський гібрид 'Ponki', вміст нутрієнта становив – 287 мг/100 г. Зерно сорго всіх досліджуваних гібридів у своєму складі мало купрума та кальція у межах 12–14 мг/100 г. У крупі та борошні зазначені нутрієнти знизились в середньому на 15 та 31% відповідно.

Таким чином, зерно, крупа та борошно містить у своєму складі достатню кількість вітамінів, мікро та макроелементів необхідні людині. Серед іншого, сорго є чудовим антиоксидантом. Поліфенольні сполуки, що входять до його складу, зміцнюють імунітет, захищаючи організм від впливу негативних факторів зовнішнього середовища. Переробляння зерна сорго на цільнозернову крупу та борошна сорго є перспективним напрямком в у використанні безглютенового продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Elhassan M. S. M., Emmambux M. N., Hays D. B., Peterson G. C., Taylor J. R. N. Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 65. P. 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.017>
2. Zavorodnia S., Losieva A., Storozhyk L. Evaluation of Biometric Indicators of Sorghum Using Cluster Analysis. *Norwegian Journal of development of the International Science*. Vol. 1. № 72. 2021. P. 8–14. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-72-1-8-13>
3. Сторожик Л.І., Присяжнюк О. І., Завгородня С.В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>
4. Alvarenga IC, Ou Z, Thiele S, Alavi S, Aldrich CG. Effects of milling sorghum into fractions on yield, nutrient composition, and their performance in extrusion of dog food. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 82. 121–128 p. DOI:10.1016/j.jcs.2018.05.013
5. Криницька Л.А., Рось В.І. Стан і перспективи світового виробництва сорго (огляд іноземної літератури). *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Айлант. 2000. Вип. 15. С. 20–25.

6. Liu L, Herald TJ, Wang D, Wilson JD, Bean S, Aramouni FM. Characterization of sorghum grain and evaluation of sorghum flour in a Chinese egg noodle system. *Journal of Cereal Science*. 2012. Vol. 55. 31–36 p. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.007>
7. Любич В. В., Войтовська В. І., Крижанівський В. Г., Третякова С. О. Формування біохімічної складової борошна із зерна різних гібридів соризу. *Вісник Уманського НУС*. 2021. № 1. С. 66–70.
8. Wieser H, Koehler P. The biochemical basis of celiac disease. *Journal Chemistry*. 2008. Vol. 85: P. 1–13. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0001>
9. Сердюк Л.В. Зерновые продукты и их роль в питании населения Украины. *Зернові продукти і комбікорми*. 2005. № 4. С. 14–17.
10. Дробот В.І. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів: монографія. К. : Кондор-Видавництво, 2016. С. 1–84.
11. Semenova A., Prikhodko Ju. Gluten-free bakery products. 8th Central European Congress on Food 2016 – Food Science for Well-being (CEFood 2016), 23–26 May 2016 p.: book of Abstracts. Kyiv : NUFT, 2016. 146 p.
12. Mohapatra D, Patel A. S., A Kar, Deshpande S. S., Tripathia M. K. Effect of different processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, antinutrients and ino acid profile of grain sorghum. *Journal Food Chemistry*. 2019. Vol. 271. № 15. P. 129–135. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.196
13. 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. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 58. P. 23–29. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16759>
14. Smolensky D., Rhodes D., McVey D. S., Fawver Z., Perumal R., Herald T., Noronha L. High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. *Journal Med. Food*. 2018. Vol. 21. P. 990–998. DOI: 10.1089/jmf.2018.0008
15. 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. <https://doi.org/10.1021/jf050419e>
16. Xiong Y., Zhang P., Johnson S., Luo J., Fang Z. Comparison of the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of different sorghum varieties during tea processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100. P. 978–985. DOI:10.1002/jsfa.10090
17. Wu G., Johnson S.K., Bornman J. F., Bennett S. J., Clarke M. W., Singh V., Fang Z. Growth temperature and genotype both play important roles in sorghum grain phenolic composition. *Journal Scientific Reports*. Vol. 6. P. Article number 21835. 10.1038/srep21835
18. Rao S., Santhakumar A. B., Chinkwo K. A., Wu G., Johnson S. K., Blanchard C. L. Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum grains. *Journal Cereal Sci*. 2018. Vol. 84. P. 103–111.
19. Сторожик Л.І., Войтовська В. І., Завгородня С.В., Третякова С.О Хімічна складова насіння сорго зернового (*Sorghum bicolor*) залежно від біологічних особливостей гібридів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*, Частина 1. Сільськогосподарські та технічні науки. 2020. С. 149–166, DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166
20. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.
21. Piper C. S. Soil and plantan alysis. Scientific Publishers. 2017. 368 pp.
22. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К. : «Нічлава», 2003. 316 с.
23. JB Jones Jr. Laboratoryguideforconducting soil tests and plantanalysis. 2001. P. 357.

24. ДСТУ 4117:2007 Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії.

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

26. Любич В. В., Войтовська В. І., Крижанівський В. Г., Третякова С. О. Формування біохімічної складової борошна із зерна різних гібридів соризу. *Вісник Уманського НУС*. 2021. № 1. С. 66–70. 10.31395/2310-0478-2021-1-66-70

27. Pontieri, P.; Troisi, J.; Calcagnile, M.; Bean, S.R.; Tilley, M.; Aramouni, F.; Boffa, A.; Pepe, G.; Campiglia, P.; Del Giudice, F. et al. Chemical Composition, Fatty Acid and Mineral Content of Food-Grade White, Red and Black Sorghum Varieties Grown in the Mediterranean Environment. *Journal Foods*. 2022. Vol. 11. 436 P. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/foods11030436>

28. Пузік Л.М., Пузік В.К. Технологія зберігання і переробки зерна : монографія. Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва. Харків : ХНАУ, 2013. 312 с.

УДК 63:631.81

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.37>

ЕФЕКТИВНІСТЬ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА КУКУРУДЗІ В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ

Циліорук О.І. – д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри рослинництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Сологуб І.М. – аспірантка кафедри рослинництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постійний ріст вартості добрив і засобів захисту рослин під кукурудзу безумовно знижує їх використання, а це неодмінно призводить до необхідності пошуку, альтернативних джерел внесення елементів живлення, зокрема використання біологічних засобів, природних і синтетичних регуляторів росту, що не шкідливі для навколишнього середовища, оптимізованого застосування ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють повніше використовувати весь потенціал кукурудзи

Головна мета нашої роботи є вивчення впливу різних рістрегулюючих препаратів на діяльність фотосинтезу, ріст, розвиток та продуктивність кукурудзи різних груп стиглості за умов Північного Степу України. Визначити більш ефективні стимулятори росту в посівах кукурудзи, що забезпечують прискорений ріст та розвиток культури, зростання стійкості проти екстремальних температур, посилений розвиток листкового апарату та збільшення вмісту хлорофілу в них, підвищення вмісту білку в зерні кукурудзи, а як результат підвищення потенціалу продуктивності кукурудзи і ефективна витрата матеріально-технічних та агрокліматичних ресурсів.

Висота рослин кукурудзи залежала від її групи стиглості і збільшувалася у висхідному порядку від ранньостиглого ДН Пивиха ФАО 180 до середньопізнього ДН Олена 440 МВ ФАО 440 – 215,0–225,0 см.

Використані стимулятори росту на кукурудзі сприяли незначному збільшенню висоти рослин, всього на 3,0–8,0 см (1,40–3,70%) у порівнянні із контролем (без внесення препаратів). Найвища тенденція до зростання висоти кукурудзи була відмічена при обробітку Авангард Гроу Гумат – 223,0–225,0 см.