

Ботаніка

УДК 575.21/633.11

Рожков Р. В. <http://orcid.org/0000-0002-3751-2208>;
Твердохліб О. В. <https://orcid.org/0000-0002-7209-1808>.
Криворученко Р. В. <https://orcid.org/0000-0003-1943-8486>
Турчинова Н. П. <http://orcid.org/0000-0002-8982-6161>;

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗРАЗКІВ ПОЛБИ ЗА ОЗЕРНЕНІСТЮ КОЛОСКІВ ТА ІНДЕКСАМИ ЗЕРНІВКИ

© Рожков Р.В.¹, Твердохліб О.В.², Криворученко Р.В.¹, Турчинова Н.П.¹.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків,
Харківський Національний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди

dozent_2210@ukr.net, evtverd@gmail.com
roman.kryvoruchenko@gmail.com, ninaturch@gmail.com,

<https://doi.org/10.34142/2708-5848.2023.25.1.04>

Зростання попиту на продукцію із зерна малопоширених видів пшениці, яке спостерігається в останні десятиріччя, спонукало селекціонерів активізувати свої дослідження в цьому напрямку. До видів відродження яких, ми спостерігаємо останнім часом в багатьох частинах світу, відноситься і стародавній тетраплоїдний плівчастий вид пшениці – полба звичайна (*T. dicoccum*). Інтерес до стародавнього виду обумовлений високою якістю зерна та його придатністю до маловитратного органічного землеробства. При створенні нових сортів полби в гібридизації з нею активно залучаються високоврожайні сорти м'якої та твердої пшениць. Наслідком використання в схрещуваннях з полбою голозерних сортів м'якої та, особливо, твердої пшениці стала поява міжвидових гібридних форм. Створені форми за архітектонікою колосу істотно відрізняються від вихідних зразків *T. dicoccum*, що призвело до таксономічної плутанини. З'явилась потреба в пошуку надійних морфологічних маркерів, які б дозволили вести добори високопродуктивних рослин за морфотипом подібним до таксону *T. dicoccum*.

Зважаючи на морфологічні особливості, за якими сорти твердої пшениці відрізняються від колекційних зразків полби звичайної, ми визначили ознаки, які дозволять ефективно ідентифікувати рослини і проводити добори морфотипу *T. dicoccum* без зміни її архітектоніки колосу. Запропоновані морфологічні ознаки не створюють обмежень для ідентифікації та культивування в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва. До таких ознак ми віднесли озерненість колосків в колосі та крупність та форму зернівок. Для оцінки крупності і форми зернівок у досліджуваних зразків ми використали розроблені нами індекси, ефективність використання яких ми раніше продемонстрували на гексаплоїдних пшеницях. Було показано, що запропоновані індекси зернівки та озерненість колосків дозволяють оцінювати генетичне різноманіття пшениці і достатньо ефективно відбирати морфотипи саме типу *T. dicoccum*. Використання індексів дає можливість уникати таксономічної плутанини, тобто чітко визначати видову приналежність рослин в гібридних популяціях і новостворених лініях. На основі порівняльного аналізу тетраплоїдних видів пшениці за вказаними ознаками, визначені підходи, щодо відбору та створення нових сортів полби звичайної.

Ключові слова: полба звичайна (*T. dicoccum* (Schuebl.) Schrank)), тверда пшениця (*T. durum* Desf.), порівняльний аналіз, індекс крупності зернівки, індекс кулястозерності, озерненість колосків, маса 1000 зерен.

В останні десятиріччя спостерігається зростання попиту на зерно пшениці, що має високу поживну якість, не містить глютенів та яке вирощене без застосування засобів захисту рослин, все це спонукало селекціонерів та виробників зерна звернути увагу на малопоширені

види пшениці, вирощування яких практично було виключено з сільськогосподарського виробництва після запровадження механізованих способів обробітку ґрунту, посіву та обмолоту зерна, і ці види залишились в невеликій кількості лише в місцях їх традиційного вирощування, або зберігались в колекціях деяких

селекціонерів та генетичних банках [1, 17, 22].

До видів, відродження яких ми спостерігаємо впродовж останніх 20-30 років, відноситься і плівчаста тетраплоїдна пшениця – полба звичайна або культурна двозернянка (emmer) – *Triticum dicoccum* (Schränk) Schuebl. Особлива увага до цієї культури в багатьох країнах Європи обумовлена її придатністю до маловитратного органічного землеробства, а також її харчовою й технологічною якістю, що дозволяє частково замінити полбою традиційно домінуючі сорти пшениці. Цей невибагливий до умов вирощування вид зростає на малородючих ґрунтах, стійкий до холоду, надмірного зволоження і посухи, відрізняється від інших підвищеною стійкістю до основних хвороб та шкідників. Враховуючи що вміст білків в зерні полби в півтора рази вищий, ніж у голозерних сортів пшениці (в деяких зразках сягає 24 %), а їх амінокислотний та вітамінний склад більш збалансований, виробництво продукції з зерна двозернянки має вищу біологічну цінність та характеризується лікувальними та дієтичними властивостями [11; 1; 17]. Все це сприяло повторному відродженню і поширенню цієї культури в наш час серед багатьох країн світу та на території України, зокрема.

Полба генетично близька до тетраплоїдних видів з геномною формулою *BBAA* і легко схрещується з видами пшениці підроду *Triticum*, тому широко використовується у селекційних програмах як для покращення твердої і м'якої пшениць, так і з метою підвищення продуктивності самої полби за рахунок поширення у виробництві селекції сортів [21, 1, 17]. Як вже зазначалось, зростання серед споживачів інтересу до *T. dicoccum*, призвело до активізації селекційної роботи з цією культурою, і як наслідок, в реєстрах сортів різних країн почали з'являтися сорти цієї культури. На сьогодні в достатній інформації про

селекцію та вирощування сортів полби звичайної в багатьох країнах: Agnone, Guardiaregia, Molise sel Colli (Словатчина); Rudico (Чехія); MV Hegyes (Угорщина); Yakub, Rossorubino, Zefiro, Padre Pio, Mose, Davide (Італія), Weisser Sommer (Німеччина), Alas (Ємен); дуже інтенсивно селекцією полби займаються в Індії, де створені сорти NP-200, NP-201, NP-202, DDK1001, DDK1009, DDK1025, DDK1029, MACS 2971, MACS 2981 (Індія); сорти Sinana-1 і Lemesso створені в 90-х роках XX ст. спеціально для ефіопського нагір'я (Ефіопія); Lentz Emmer, Black Winter Emmer, ND Common, Lucille (США) [23; 9; 1; 3; 12; 2; 17].

В Державному реєстрі сортів України придатних до поширення також з'явилися зареєстровані сорти з ярим типом розвитку, віднесені до виду *T. dicoccum*. Це, зокрема, сорти Голіківська (2015 р.), сорт Романівська (2018 р., наразі цей сорт знято з виробництва); Юніка (2020 р.) і Антарес (2021 р.). Дослідженнями науковців доведено переважання зазначених сортів над твердою пшеницею за вмістом білка, якістю зерна та стійкістю до основних хвороб [7; 1; 15; 16; 20; 17].

Не зважаючи на очевидні переваги нових сортів, внесених в Держреєстр України під таксоном *T. dicoccum*, деякі з них за зовнішнім виглядом більш подібні до сортів твердої пшениці, ніж до полби звичайної. В селекції полби на збільшення продуктивності колосу у *T. dicoccum*, в якій, як видно з назви, в колоску переважно зав'язується дві зернівки, селекціонери часто залучають високопродуктивні сорти м'якої і, особливо, твердої пшениці. Як наслідок, заявлені селекціонерами сорти морфологічно не зовсім відповідають опису полби, і, зрештою, виявляються більш подібними до твердої пшениці.

Численні молекулярно-генетичні та цитологічні дослідження не дали однозначної відповіді щодо наявності специфічних відмінностей між близькоспорідненими видами пшениці, які можна

було б використати, як молекулярні маркери при ідентифікації їх морфотипів. Більш того, досить часто сортові відмінності у найпоширеніших підвидів *T. aestivum* L. та *T. durum* Desf. Перевищують міжвидові генетичні відмінності, хоча є певна різниця між плівчастими і голозерними видами пшениці [4; 6; 8].

Для чіткої диференціації зазначених видів повинні бути використані надійні критерії, які дозволять їх розмежувати та уникнути таксономічної плутанини. Згідно з морфологічними описами, до основних ознак, за якими культурна двозернянка відрізняється від твердої пшениці, відносяться: 1) сплюснений колос у полби, дворядний бік якого значно ширший за однорядний; 2) розділення колосу при натиску на окремі колоски, в яких в більшості випадків містяться дві зернівки; 3) зерно при обмолоті не відділяється від колосових лусок, що обумовлює плівчастість у полби; тощо [23; 3]. Разом з тим, зазначені особливості вказують на примітивність та екстенсивність розвитку полби, що обмежує її виробництво з використанням сучасних технологій і від яких селекціонер намагається позбутися. Для вирощування полби у виробництві селекціонери прагнуть підвищити рівень вимолочуваності зерна з плівок і зменшити ламкість колосу. Також, як вже зазначалось, підвищення продуктивності створених в результаті міжвидової

гібридизації сортів відбувається за рахунок збільшення озерненості колоска в колосі, а це, в свою чергу, змінює його архітекtonіки, і, як наслідок, створені в результаті міжвидової гібридизації сорти більше схожі на тверду пшеницю, ніж на полбу.

Зважаючи на актуальність проблеми з пошуку надійних морфологічних маркерів для ідентифікації в гібридних популяціях рослин, що відносяться до виду *T. dicoccum*, на підставі власних багаторічних досліджень ми включили ознаки, за якими види відрізняються один від одного, це зокрема озерненість колосків в колосі та крупність та форма зернівок. Окрім визначення розрахунковим методом маси 1000 зерен та озерненості колосків в колосі, ми використали розроблені нами індекси зернівки, ефективність яких була раніше продемонстрована на гексаплоїдних формах пшениці [14].

Таким чином, собі за мету ми поставили: провести порівняльний аналіз генетичного різноманіття колекційних зразків полби звичайної та поширених у виробництві сортів твердої пшениці, за рівнями прояву озерненості колосків в колосі, маси 1000 зерен та параметрів зернівок; з розробкою подальших рекомендацій, щодо їх використання при гібридологічному аналізі та ідентифікації морфотипів досліджуваних видів.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріалом для дослідів слугували зразки полби звичайної та твердої пшениці попередньо отримані з Національного банку генетичних ресурсів рослин України (таблиця 1). Зазначимо також, що до вивчення залучений зареєстрований в Україні голозерний сорт *T. dicoccum* Голіківська та зразок полби ісфаганської – *T. ispahanicum* Heslot – ендемічна пшениця нагірної частини Ірану, що характеризується видовженим

зерном, видовженими колосковими і квітковими лусками [13].

Польові досліді проводили впродовж 2012, 2014, 2016-2021 рр. згідно з вимогами польового експерименту [5]. Зразки пшениці впродовж 2012 і 2014 рр. вирощували на базі Державного біотехнологічного університету – ДБТУ (Харківський район), з 2016 по 2019 рр. зразки досліджували на базі Всеукраїнського наукового інституту селекції (ВНІС), що на Київщині (Кагарлицький

район), а з 2019 по теперішній час зразки знову випробовували в ДБТУ. Дослідна база ДБТУ розташована в Лівобережному Лісостепу України, а ВНІСу – в Правобережному, де кількість опадів загалом вища, ніж в лівобережній частині України, клімат більш м'який і рослини, як правило, розвиваються краще. В обох дослідних базах ґрунт – типовий чорнозем, попередником для зразків ярої пшениці служили бобові культури – горох чи соя. Посів здійснювався вручну, з густиною 400 зерен на 1 м². Умови

проведення досліджень відрізнялись за роком проведення, забезпеченням температурного режиму і вологості, враженістю хворобами та шкідниками, тощо. Особливо складними для розвитку пшениці виявились посушливі умови, що склались впродовж 2012, 2017 та 2018 рр. [15], це вплинуло на рівень прояву основних кількісних ознак у пшениці, в тому числі і на озерненість колосків, параметри зернівки та дозволило порівняти генетичний потенціал мінливості цих ознак у досліджуваних зразків.

Таблиця 1.

Паспортна інформація про зразки культурної двозернянки та сорти-стандартитвердої пшениці.

| № з/п | Вид | Назва зразката/або номер Нац. каталогу | Країна, регіон походження | Примітки, родовід |
|-------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <i>T. durum</i> Desf. | Спадщина UA0201075 | Україна, ІР ім. В.Я. Юр'єва | <i>var. hordeiforme</i> створено відбором з гібридної комбінації Г-2 (Харківська 5 × Харківська 9). |
| 2 | <i>T. durum</i> Desf. | Чадо UA0201034 | Україна, ІР ім. В.Я. Юр'єва | створено в результаті складних міжвидових схрещувань за участі зразків полби ярої К-19285 (Ефіопія), К-21961 (Німеччина) та сорту пшениці твердої ярої Харківська 41. |
| 3 | <i>T. durum</i> Desf. | Тера UA0201034 | Україна, Носівська ДС | створено відбором з комбінації F ₆ (Саратівська 29 × Харківська 51) |
| 4 | <i>T. durum</i> Desf. | Харківська 15 UA0200661 | Україна, ІР ім. В.Я. Юр'єва | <i>var. hordeiforme</i> створений шляхом добору з гібридної комбінації F ₆ (Саратівська 29 × Харківська 51) |
| 5 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | Голіківська | Україна, ІР ім. В.Я. Юр'єва | створено в результаті складних міжвидових схрещувань за участі зразків полби ярої К-19285 (Ефіопія), К-21961 (Німеччина) та сорту пшениці твердої ярої Харківська 41. |
| 6 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | UA0300002 | Україна, Львів. обл. | <i>v. dicoccum</i> (остання експедиція Вавілова в Карпати) |
| 7 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | Полба 3, UA0300183 | | <i>v. serbicum</i> створено відбором з місцевої полби |
| 8 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | Полба красная, UA0300049 | | <i>v. serbicum</i> |
| 9 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | UA0300012 | | <i>v. volgense</i> |
| 10 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | UA0300184 | | <i>v. serbicum</i> |
| 11 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | UA0300036 | Вірменія | <i>v. haussknechticum</i> |
| 12 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | UA0300405 | Єгипет | <i>v. aeruginosum</i> |
| 13 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | UA0300026 | США | <i>v. volgense</i> |
| 14 | <i>T. dicoccum</i> Shuebl. | С.Г. 164/12_1 | Україна, Київська обл. | <i>T. dicoccum</i> × <i>T. persicum</i> , світлоколоса |
| 15 | <i>T. ispahanicum</i> Heslot. | UA0300070 | Іран | <i>v. ispahanicum</i> |

За результатами багаторічних досліджень нами були визначені морфометричні показники, за якими досліджувані види пшениці розрізнялися між собою. До таких ознак ми віднесли озерненість колосків і форму та розмір зернівок. Зернівки досліджуваних форм тетраплоїдних видів пшениці представлені на рис. 1.



Рис. 1. Зерна тетраплоїдних зразків пшениці: 1 – *T. durum* св. Чадо; 2 – *T. durum* св. Спадщина; 3 – *T. dicoccum* св. Полба красная (RUS); 4 – *T. dicoccum* св. Янтара (RUS); 5 – *T. dicoccum*, UA0300001 (UKR); 6 – *T. dicoccum*, UA0300002 (UKR); 7 – *T. dicoccum* св. Голіківська (UKR); 8 – *T. ispahanicum*, UA0300070 (IRN).

Озерненість колосків визначалась як відношення кількості зерен з колосу до кількості колосків. Маса 1000 зерен також визначалась розрахунковим способом (маса зерна з колосу / кількість зерен \times 1000). Для порівняння видів полби та твердої пшениці за параметрами зернівок ми застосували розроблені нами на основі замірів довжини, ширини та товщини зернівки індекси зернівки, ефективність використання яких ми раніше вже продемонстрували на гексаплоїдних видах пшениці [14].

За допомогою штангенциркуля проводили заміри довжини, ширини та товщини зернівки у двох перших квітках, узятих з найбільш розвиненої його частини – верхівка нижньої третини колосу. Аналіз елементів колоска показав

суттєві відмінності між першою та другою квітками в досліджуваних зразків [16], тому подальший аналіз цих ознак здійснювався окремо по першій і другій квітці колоску. Для усунення відмінностей за параметрами зернівки між зразками та видами для їх порівняння використовували усереднені показники між першою та другою квітками. При оцінці таксономічних відмінностей між досліджуваними видами використовували запропоновані нами індекси зернівки, які дозволили порівняти видове і сортове різноманіття пшениці за морфометричними параметрами зернівки: індекс крупнозерності (I_{gs}) та індекс кулястозерності (I_{gr}) [14].

А саме, індекс кулястозерності розраховувався за формулою:

$$I_{gr} = \frac{L_g}{(W_g + T_g)},$$

де I_{gr} – індекс кулястозерності (Index of grain roundness), L_g – довжина зернівки (length of grain), W_g – ширина зернівки (width of grain), T_g – товщина зернівки (thickness of grain). За нашими припущеннями, якщо індекс, обчислений за цією формулою, наближається до 0,5, – зернівка є максимально округлої форми, а чим вище цей показник, тим зернівка є більш видовженою.

Для визначення крупності зернівки (I_{gl} – Index of grain size) використали формулу:

$$I_{gs} = L_g \times W_g \times T_g$$

В цьому випадку отримуємо результати, які наближаються до об'єму самої зернівки, без врахування виповненості зерна, скошеності її передньої і задньої частин та глибини борізки. Індекс показує величину зернівки.

Обсяг вибірки для кожного з видів та сортів складав по 10 рослин. Статистична обробка включала визначення середніх значень (\bar{x}) досліджуваних ознак та їх стандартне відхилення (S), обчислення проводили в ліцензійному пакеті програм Microsoft Excel [24].

РЕЗУЛЬТАТИ

Як відомо, тверда пшениця дещо відрізняється від культурної двозернянки за крупністю та формою зерна. У полби звичайної зернівки зазвичай дрібніші, але більш видовжені, ніж у твердої пшениці. На разі, на хромосомах *1B*, *2B*, *3A*, *3B*, *4B* та *7B* описані QTL локуси для тетраплоїдної пшениці, які визначають

морфологію та крупність зернівки. [19; 18; 10; 3], тому в своїх дослідженнях ми приділили увагу вивченню розміру зернівок у зразків цих видів. Крупність зерна у досліджуваних зразків пшениці оцінювали як за масою тисячі зерен, так із використанням розробленого нами індексу крупнозерності (I gs).

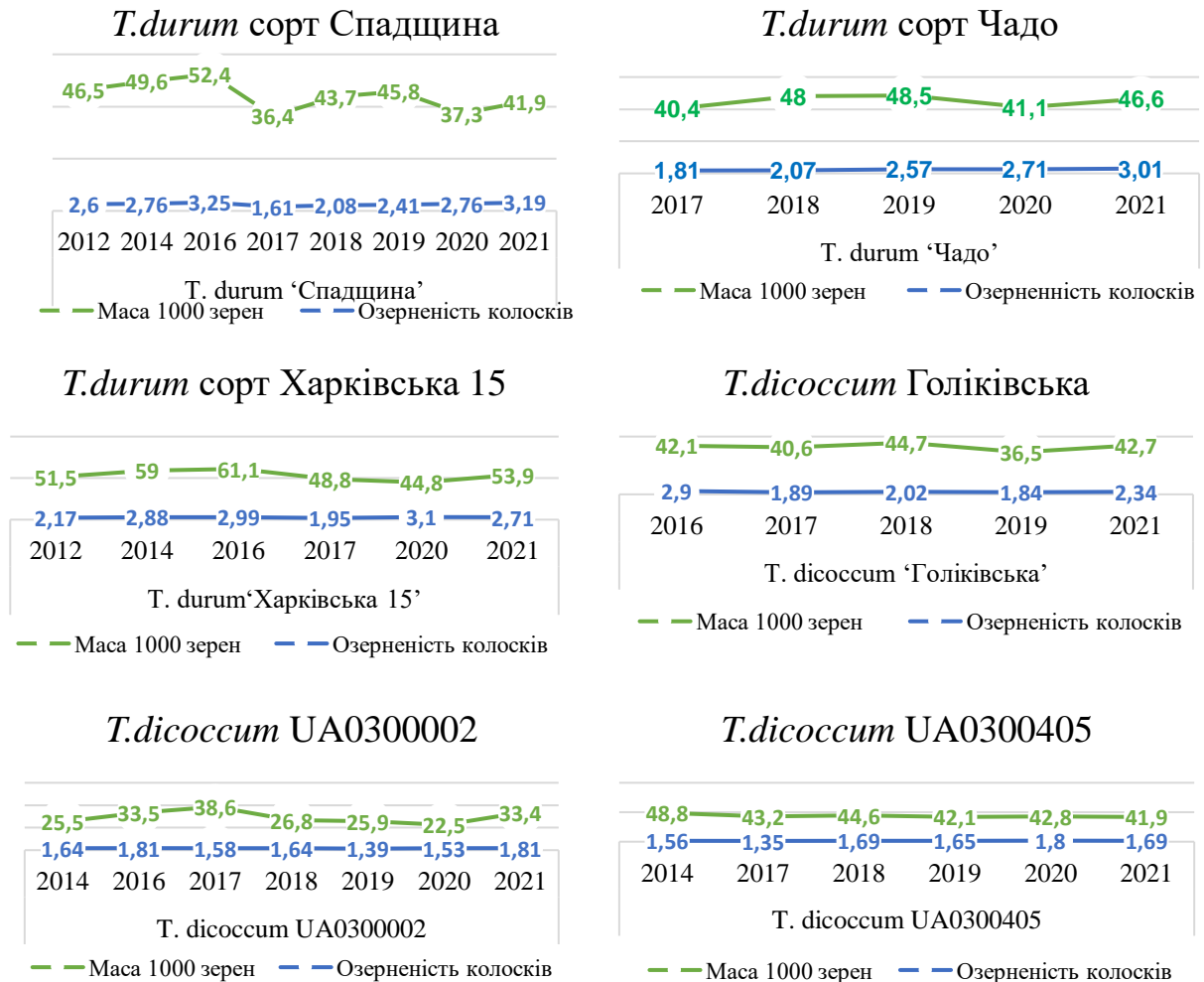


Рис.2. Графіки варіювання кількісних ознак зернівок досліджуваних видів пшениць залежно від року вирощування. Озерненість колосків визначалась як відношення кількості зерен з колосу до кількості колосків. Маса 1000 зерен визначалась розрахунковим способом (маса зерна з колосу / кількість зерен x 1000).

В посушливих умовах, що склалися впродовж 2012, 2017 та 2018 рр. в більшості досліджуваних зразків пшениці спостерігалось істотне зниження маси 1000 зерен в порівнянні зі сприятливими для росту і розвитку умовами. Найбільш крупнозерновим зразком впродовж років досліджень виявився сорт твердої пшениці Харківська 15, у якого середня маса 1000 зерен склала 53.2 г (рис. 1, табл. 2). У решти зразків твердої пшениці середня маса 1000 зерен також виявилась вищою, ніж у двозернянок, і в залежності від сорту коливалась в межах 44.2-49.5 г.

Проте деякі зразки полби за цим показником наближались до поширених у нас сортів *T. durum*, це зокрема колекційні зразки: UA0300184 (RUS) з середньою масою 1000 зерен 43.3 г та UA0300405 (EGP) – 43.9 г відповідно.

Зауважимо також, що в окремі роки зразки *T. dicoccum* навіть переважали за масою 1000 зерен деякі сорти твердої пшениці. Так, в посушливому 2017 році зразки полби під номерами: UA0300002 (UKR), UA0300184, UA0300405 та UA0300026 (USA) перевищили за крупністю зерна сорт твердої пшениці Спадщина. В 2018 році висока маса 1000 зерен відмічена у зразка полби під номером UA0300036 (ARM), який за цим показником перевищив сорти твердої пшениці: Спадщина, Чадо і Тера. Висока стабільність за середньою масою 1000 зерен по роках спостерігалась у вже згаданого нами зразка походженням з Єгипту – UA0300405, цей зразок переважав і в 2018, і в 2021 рр. сорт Спадщина за масою 1000 зерен, а також сорт Тера в 2017 і в 2020 роках. Що ж до сорту пшениці гібридного походження Голіківська, то він за масою 1000 зерен займав проміжне положення між більшістю зразків полби та твердою пшеницею з середньою масою 1000 зерен 41.3 г., що приблизно відповідає середньому рівню найбільш крупнозерних зразків двозернянок або найбільш дрібнозерних сортів *T. durum*.

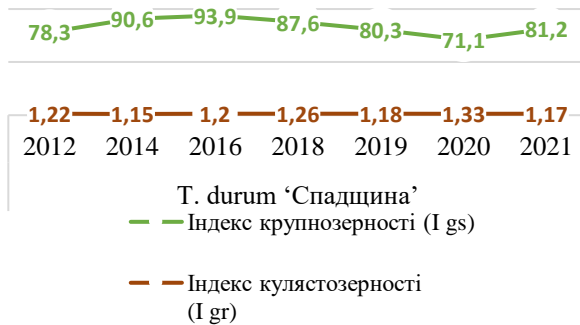
Оцінка крупності зерна за масою 1000 зерен, чи навіть маси однієї зернівки з певної частини колосу, не враховує, за рахунок чого сформувалась ця маса, що також не дає повної уяви про роль морфометричних параметрів у формуванні зернівки. До того ж, використання маси 1000 зерен як критерію оцінки крупності зернівок може мати обмеження у ранніх поколіннях гібридів, коли спостерігається недостатня кількість рослин. В цьому випадку заслуговує на увагу розроблений нами індекс крупності зернівки, який не лише відображає параметри, за рахунок яких сформувалась величина зернівки, а й може бути застосований для встановлення характеру успадкування величини зернівки, навіть в першому поколінні гібридів.

Як видно з представлених результатів (таблиця 2, рис. 3) індекс крупнозерності – I_{gs} розраховувався не кожного року і не для всіх зразків, що пов'язано з обсягами проведених досліджень. Проте, якщо подивитись на представлені в таблиці 2 та проілюстровані на рис. 3 дані, то в усіх випадках I_{gs} твердої пшениці виявився, більшим, ніж I_{gs} зернівки зразків *T. dicoccum*. Ця закономірність спостерігалась навіть в тих випадках, коли ми відмічали більше значення маси 1000 зерен у зразків полби в порівнянні з сортами *T. durum*. Зокрема, зразок полби під номером UA0300036 за масою 1000 зерен перевищив сорти твердої пшениці: Спадщина, Чадо і Тера, але за індексом I_{gs} поступився цим трьом сортам. Ще один зразок – UA0300405 (EGP) виявився достатньо стабільним за масою 1000 зерен впродовж років досліджень і впродовж ряду років мав переваги за цим показником над деякими поширеними сортами *T. durum*, проте в жодному випадку не перевищував їх за I_{gs} . Тобто порівняння зразків *T. dicoccum* та *T. durum* в конкретних умовах дозволяє стверджувати, що за індексом крупнозерності тверда пшениця переважає

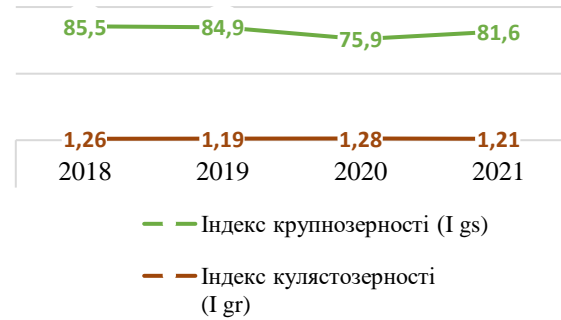
зразки полби. На доцільність використання індексу I_{gs} вказують і середні показники досліджуваних зразків за

роками, які у твердї пшениці суттєво вищі.

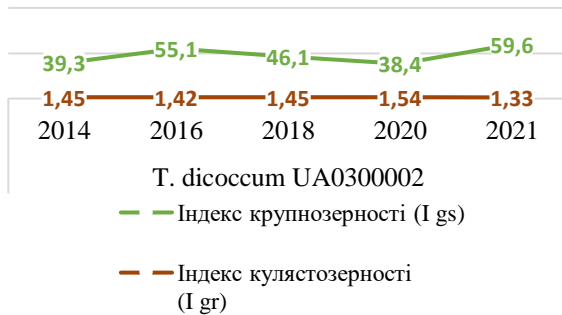
T.durum Спадщина



T.durum Чадо



T.dicoccum UA0300002



T.dicoccum UA0300405

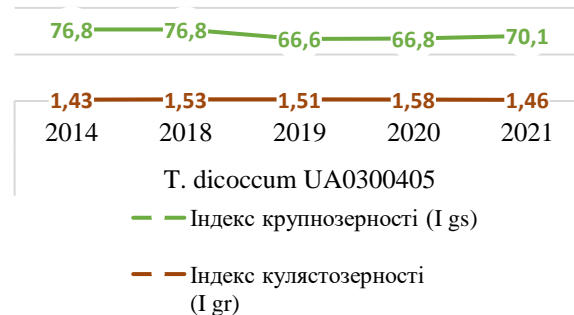
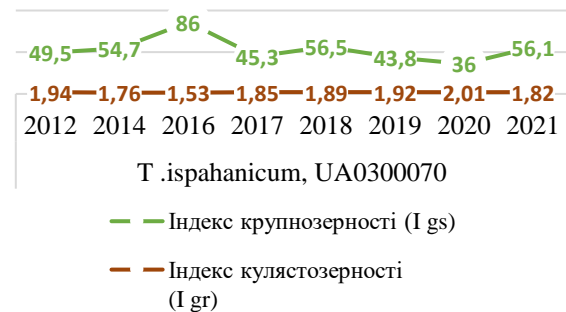


Рис.3. Графіки варіювання розрахункових індексів видів пшениць, в залежності від років вирощування, кулястозерності I_{gr} та крупнозерності I_{gs}

T.ispahanicum



Ще одним критерієм для ідентифікації, за яким зразки *T. dicoccum* можуть відрізнятися від *T. durum*, може слугувати озерненість колосків. Як відомо, в колоску культурної двозернянки зазвичай формується дві зернівки, натомість в колоску твердї пшениці зернівок може бути набагато більше. В нашому досліді (рис. 2), спостерігалось значне зниження озерненості колосків у сортів твердї пшениці в несприятливих посушливих

умовах, натомість у зразків полби озерненість колоску виявилась більш стабільною ознакою. Так, у сортів твердї пшениці спостерігалось зниження озерненості колоску від 50.5 % (в сорту Спадщина) до 36.6 % (в сорту Голіківська); у зразків полби найбільше зниження озерненості колоску спостерігалось у зразка під номером UA0300012 (RUS) – на 41.4 %, а найменше – в зразка під номером UA0300036 – на 11.1 %. В середньому

озерненість колоску досліджуваних сортів твердої пшениці в несприятливих умовах по відношенню до найсприятливіших умов вирощування за час досліджень знижувалась на 40 %, а в зразків полби – на 25 %. Зауважимо також, що у сортів твердої пшениці найсуттєвіше зниження озерненості переважно спостерігалось в умовах посушливих 2017 та 2018 року, натомість у зразків полби такої закономірності не спостерігалось. Тому, не зважаючи на те, що середня озерненість колоску у зразків *T. durum* істотно вища, ніж у зразків *T. dicoccum*, в посушливих умовах вона істотно знижується і навіть в окремих випадках тверда пшениця поступається за кількістю зерен в колоску зразкам полби (табл.2; рис. 2). Так, в 2017 році в зразках сорту твердої пшениці Спадщина спостерігалась озерненість колоску на рівні 1.61 зерен в колоску, а в деяких зразків культурної двозернянки озерненість виявилась на рівні цього сорту, або й перевищувала її. Зокрема, в зразків *T. dicoccum* під номером UA0300049 Полба Красная озерненість колоску виявилась на рівні – 1.72 зерна на колосок, в зразків: UA0300012 – 1.67 зерна, UA0300184 – 1,72 зерна, UA0300026 – 1.61 зерна, С.Г. 164/12_1 (UKR) – 1.79 зерна. В посушливих умовах 2018 року озерненість колосків на рівні 1.73 зерна спостерігалась в сорту Чадо, тоді як в зразка полби UA0300012 вона виявилась на рівні 1.81 зерна на колосок, а у UA0300184 – 1.88 зерна на колосок. Проте, якщо брати до уваги середні показники озерненості колоску, то вони в сортів *T. durum* істотно вищі, ніж у зразків *T. dicoccum* і коливаються від (2.35 зерна на колосок у сорту Чадо до 2.63 зерна у сорту Харківська 15), натомість у всіх без виключення зразків двозернянки озерненість виявилась нижчою за дві зернівки на колосок і коливалась в межах 1.47 у зразка під номером UA0300026 до 1.77 у С.Г. 164/12_1. У зареєстрованого в Україні голозерного сорту *T. dicoccum* Голіківська

показник озерненості колоску (2.20 зерна на колосок) наближався до сортів твердої пшениці. Тут варто також додати, що в окремі роки озерненість деяких колосків у зразків культурної двозернянки, була вищою за 2, тобто в деяких колосках ми спостерігали не дві, а три зернівки, проте на загальну озерненість колосків ці додаткові зернівки суттєво не вплинули, і у всіх випадках, як вже відмічалось, озерненість колосків у зразків полби мала показник нижче двох.

Окрім розмірів зернівки, ми вважаємо, для визначення таксономічної приналежності видів важливе значення має форма зернівки, яка в різних видів може сильно варіювати. В попередніх дослідженнях нами вже було показано ефективність використання індекса кулястозерності I_{gr} для гексаплоїдних видів пшениці [14], в цій роботі цей індекс застосовано для таксономічної ідентифікації тетраплоїдних зразків полби та твердої пшениці. Серед сортів твердої пшениці за середніми показниками I_{gr} найбільш круглозерним зразком твердої пшениці виявився сорт Чадо (рис. 3) з показником 1.09, а найбільш видовжену форму зернівки мали сорти Спадщина та Тера з середніми показниками індексу 1.22 та 1.24 відповідно. Зауважимо, що сорт Голіківська, за індексом кулястозерності впродовж двох років дослідження, знаходився в межах інших сортів твердої пшениці з показником 1.16. Натомість зразки *T. dicoccum* мають значно вищі середні показники I_{gr} , що вказує на видовженість зернівок полби в порівнянні з твердою пшеницею. Залежно від зразків культурної двозернянки, середній показник I_{gr} коливався в межах від 1.37 до 1.52. Ще більш високий середній показник відмічений у довгозерного ендемічного виду полби – *T. ispahanicum* (UA0300070) – 1.84. При цьому варто зауважити, що рівень прояву I_{gr} значною мірою обумовлений умовами вирощування. За нашими спостереженнями найвищі значення I_{gr} , які

вказують на те, що зернівка видовжена, відмічені у зразків пшениці, що вирощені в несприятливих для реалізації крупності зерна роки: 2012, 2018 та 2020. На жаль, в

ОБГОВОРЕННЯ

Як видно з отриманих результатів, у більшості сортів твердої пшениці переважають зразки культурної дво-зернянки за масою 1000 зерен, проте в деякі роки зразки полби можуть випереджати за цим показником сорти *T. durum*, що ставить під сумнів надійність цього критерію для визначення видової приналежності досліджуваних видів. До того ж, наявність серед генетичного різноманіття крупнозерних зразків полби в поєднанні з екологічною стабільністю цієї ознаки також робить неможливим порівнювати ці форми із зразками твердої пшениці, що характеризуються невисокою крупністю зерна за масою 1000 зерен.

Разом з тим, використання запропонованого нами індексу крупнозерності – I_{gr} , дозволяє ефективно порівнювати види *T. dicoccum* та *T. durum*, оскільки в конкретних умовах вирощування, в усіх випадках у твердої пшениці він вищий, ніж у полби звичайної. Тобто на відміну від показника «маса 1000 зерен» індекс крупнозерності дозволяє порівнювати і розрізняти між собою зразки *T. dicoccum* та *T. durum*, що робить його цікавим для генетико-селекційних досліджень. Цю особливість і перевагу у використанні I_{gs} над показником «маса 1000 зерен» ми пояснюємо тим, що для розрахунку показника «маса 1000 зерен» використовується все зерно з колосу, яке в результаті перерозподілу асимілюючих речовин, в певних умовах призводить до формування різноякісного за крупністю зерна, особливо в твердої пшениці, озерненість колосків у якої вища, ніж у полби. Натомість, для I_{gs} ми використовували лише зернівки з найбільш розвиненої частини колосу – верхівки нижньої третини колосу, де зернівки загалом найбільш розвинені у

найбільш в критичний за посушливістю 2017 рік вимірювань зернівки для більшості зразків пшениці не проводилось і I_{gr} не визначався.

всіх видів пшениці, що робить оцінку крупності зерна більш коректною.

Аналіз озерненості колосків у зразків пшениці показав, що цей показник в сортів твердої пшениці значною мірою обумовлений умовами вирощування, натомість у двозернянки ця ознака виявилась більш екологічно стабільною, що може вказувати на екстенсивність розвитку останньої. Зважаючи на те, що озерненість колоску в посушливих умовах у твердої пшениці може сильно знижуватися, в результаті чого самі рослини твердої пшениці стають схожими на зразки полби звичайної, використовувати цей показник для ідентифікації різних морфотипів в гібридних популяціях чи визначення видової приналежності зразків можна лише в сприятливих для розвитку рослин умовах. При цьому зразки, що мають озерненість колоску більше двох слід відносити до морфотипу *T. durum*. Як видно з нашого дослідження, сорт пшениці створений шляхом міжвидової гібридизації – Голіківська, за архітектонікою колосу більше схожий на тверду пшеницю, що можна пояснити озерненістю колосків, яка в цього сорту за результатами багаторічних спостережень виявилась на рівні 2.2 зерна на колосок. Звісно, збільшення озерненості колоску є одним з ключових підходів до збільшення продуктивності колосу, проте при створенні сортів *T. dicoccum*, цей шлях призводить до зміни архітектоніки колосу, і рослини стають подібними за морфотипом до твердої пшениці.

За результатами досліджень показників зернівки за допомогою I_{gr} було встановлено, що в несприятливих умовах вирощування видовженість зернівки зростає, а показники крупності (маса 1000 зерен та I_{gs}) зменшується, що свідчить про

те, що з трьох лінійних показників саме довжина зернівки вирізняється найбільшою стабільністю, коли ж ширина і товщина піддаються модифікуючому впливу середовища. Про ефективність використання індексу кулястозерності в селекційних дослідженнях свідчить те, що в конкретних умовах вирощування зразки двозернянки і твердої пшениці чітко розрізнилися між собою, а також на це вказують результати багаторічних

досліджень, згідно з якими середні значення I_{gr} у *T. dicoccum* суттєво вищі, ніж *T. durum*, але значно поступаються показнику I_{gr} у *T. israhanicum*. Як видно і за індексом I_{gr} пшениця гібридного походження Голіківська не відповідає морфометричним характеристикам зерна, притаманним двозернянкам, і правомірність її віднесення до *T. dicoccum* є вельми сумнівною.

ВИСНОВКИ

Таким чином, в ході проведених досліджень були встановлені відмінності між *T. dicoccum* та *T. durum* в рівнях прояву за озерненістю колоску в колосі та розробленими нами індексами для параметрів зернівки: крупнозерності – I_{gs} та кулястозерності зернівки – I_{gr} , що дозволяє ефективно використовувати ці ознаки при гібридологічному аналізі та таксономічній ідентифікації пшениць. Індекс крупності зерна показав перевагу у його використанні над масою 1000 зерен при визначенні таксономічної приналежності тетраплоїдних форм твердої пшениці та полби звичайної, що робить його можливим для використання у генетико-селекційних дослідженнях. Індекс кулястозерності також дозволив чітко диференціювати досліджувані зразки за таксономічною приналежністю, що свідчить про перспективність його використання не лише для гексаплоїдних форм пшениці, як нами було показано раніше, але і тетраплоїдних. За озерненістю колосків диференціація між різними таксонами пшениць відмічалась в

сприятливих умовах вирощування, проте в умовах посухи озерненість колосків в інтенсивних сортах твердої пшениці різко знижується і цей показник знаходиться в межах полби звичайної, що робить його використання неефективним. Морфологічний аналіз створеного в результаті міжвидової гібридизації голозерного сорту *T. dicoccum* Голіківська, показав неправомірність його віднесення до цього таксону, оскільки за індексами крупнозерності і кулястозерності, та озерненістю колосків цей зразок більш подібний до твердої пшениці, ніж до полби. Ми вважаємо, що для підвищення продуктивності колосу і збереження морфотипу двозернянки селекціонерам варто зосередити увагу на збільшенні довжини колосового стрижня і кількості колосків в колосі, а не на збільшенні кількості зерен в колоску, яке тягне за собою і зміну всієї архітекtonіки колосу та робить міжвидові гібридні форми подібними до твердої пшениці, що вносить плутанину з їх таксономічною приналежністю.

Таблиця 2

Мінливість рівнів прояву за масою 1000 зерен, озерненістю колосків та індексами параметрів зернівки, по роках, у сортів твердої пшениці та зразків полби звичайної

| Назва зразка, номер Нац. Каталогу (за лівим краєм колонку) | Рік вивчення | Маса 1000 зерен | | Озерненість колосків | | Індекс крупнозерності (I_{gs}) | | Індекс кулястозерності (I_{gr}) | |
|------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|------|----------------------|------|------------------------------------|-------|-------------------------------------|------|
| | | \bar{x} | S | \bar{x} | S | \bar{x} | S | \bar{x} | S |
| <i>T. durum</i> Спадщина | 2012 | 46.5 | 5.53 | 2.60 | 0.49 | 78.3 | 11.94 | 1.22 | 0.05 |
| | 2014 | 49.6 | 3.48 | 2.76 | 0.48 | 90.6 | 5.22 | 1.15 | 0.05 |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------|------|-------------------------|-------------------------|------|--------------------------|-------|---------------------------|------|------|
| | 2016 | 52.4 | 3.04 | 3.25 | 0.50 | 93.9 | 9.65 | 1.20 | 0.03 |
| | 2017 | 36.4 | 7.70 | 1.61 | 0.48 | - | - | - | - |
| | 2018 | 43.7 | 4.28 | 2.08 | 0.43 | 87.6 | 15.4 | 1.26 | 0.06 |
| | 2019 | 45.8 | 5.47 | 2.41 | 0.36 | 80.3 | 13.3 | 1.18 | 0.08 |
| | 2020 | 37.3 | 8.54 | 2.76 | 0.42 | 71.1 | 16.2 | 1.33 | 0.11 |
| | 2021 | 41.9 | 4.92 | 3.19 | 0.48 | 81.2 | 8.96 | 1.17 | 0.06 |
| межі варіювання/ середнє | | 36.4-52.4 / 44.2 | 1.61-3.25 / 2.58 | | 71.1-93.9 / 83.3 | | 1.15-1.33 / 1.22 | | |
| <i>T. durum</i> Чадо | 2012 | 37.0 | 4.79 | 2.24 | 0.55 | 64.9 | 8.88 | 1.23 | 0.04 |
| | 2014 | 56.8 | 3.34 | 2.49 | 0.36 | 101.6 | 7.41 | 1.07 | 0.04 |
| | 2016 | 57.0 | 4.43 | 2.93 | 0.30 | 95.1 | 8.19 | 1.09 | 0.06 |
| | 2017 | 48.4 | 8.12 | 2.04 | 0.84 | - | - | - | - |
| | 2018 | 47.0 | 6.24 | 1.73 | 0.22 | 91.39 | 8.91 | 1.04 | 0.05 |
| | 2020 | 49.6 | 7.41 | 2.57 | 0.38 | - | - | - | - |
| | 2021 | 50.9 | 4.93 | 2.44 | 0.40 | 82.8 | 8.75 | 1.02 | 0.05 |
| межі варіювання/ середнє | | 37.0-57.0 / 49.5 | 1.73-2.93 / 2.35 | | 64.9-101.6 / 87.2 | | 1.02-1.23 / 1.09 | | |
| <i>T. durum</i> Тера | 2017 | 40.4 | 4.71 | 1.81 | 0.64 | - | - | - | - |
| | 2018 | 48.0 | 6.05 | 2.07 | 0.21 | 85.5 | 9.97 | 1.26 | 0.09 |
| | 2019 | 48.5 | 5.20 | 2.57 | 0.56 | 84.9 | 6.89 | 1.19 | 0.06 |
| | 2020 | 41.1 | 6.08 | 2.71 | 0.46 | 75.9 | 11.6 | 1.28 | 0.08 |
| | 2021 | 46.6 | 3.23 | 3.01 | 0.34 | 81.6 | 6.70 | 1.21 | 0.07 |
| межі варіювання/ середнє | | 40.4-48.5 / 44.9 | 1.81-3.01 / 2.43 | | 75.9-85.5 / 82.0 | | 1.19-1.28 / 1.24 | | |
| <i>T. durum</i> Харківська 15 | 2012 | 51.5 | 6.82 | 2.17 | 0.42 | 83.1 | 14.17 | 1.22 | 0.05 |
| | 2014 | 59.0 | 4.65 | 2.88 | 0.22 | 111.7 | 7.58 | 1.11 | 0.04 |
| | 2016 | 61.1 | 3.55 | 2.99 | 0.46 | 103.0 | 8.06 | 1.16 | 0.05 |
| | 2017 | 48.8 | 2.11 | 1.95 | 0.33 | - | - | - | - |
| | 2020 | 44.8 | 6.23 | 3.10 | 0.55 | - | - | - | - |
| | 2021 | 53.9 | 1.96 | 2.71 | 0.36 | 90.5 | 3.00 | 1.10 | 0.05 |
| межі варіювання/ середнє | | 44.8-59.0 / 53.2 | 1.95-3.10 / 2.63 | | 83.1-111.7 / 97.1 | | 1.10-1.22 / 1.15 | | |
| <i>T. dicoccum</i> Голіківська | 2016 | 42.1 | 2.58 | 2.90 | 0.42 | - | - | - | - |
| | 2017 | 40.6 | 5.10 | 1.89 | 0.37 | - | - | - | - |
| | 2018 | 44.7 | 2.95 | 2.02 | 0.15 | - | - | - | - |
| | 2019 | 36.5 | 8.07 | 1.84 | 0.27 | 62.4 | 6.68 | 1.20 | 0.06 |
| | 2021 | 42.7 | 3.34 | 2.34 | 0.19 | 76.1 | 6.29 | 1.12 | 0.03 |
| межі варіювання/ середнє | | 36.5-44.7 / 41.3 | 1.84-2.90 / 2.20 | | 62.4-76.1 / 69.3 | | 1.12 – 1.20 / 1.16 | | |
| <i>T. dicoccum</i> UA0300002 | 2014 | 25.5 | 2.83 | 1.64 | 0.12 | 39.3 | 4.18 | 1.45 | 0.11 |
| | 2016 | 33.5 | 6.00 | 1.81 | 0.17 | 55.1 | 7.68 | 1.42 | 0.06 |
| | 2017 | 38.6 | 5.14 | 1.58 | 0.25 | - | - | - | - |
| | 2018 | 26.8 | 3.82 | 1.64 | 0.16 | 46.1 | 7.39 | 1.45 | 0.09 |
| | 2019 | 25.9 | 4.09 | 1.39 | 0.27 | - | - | - | - |
| | 2020 | 22.5 | 5.30 | 1.53 | 0.16 | 38.4 | 8.64 | 1.54 | 0.07 |
| | 2021 | 33.4 | 4.87 | 1.81 | 0.24 | 59.6 | 8.82 | 1.33 | 0.06 |
| межі варіювання/ середнє | | 22.5-38.6 / 29.5 | 1.39-1.81 / 1.63 | | 38.4-59.6 / 47.7 | | 1.33-1.54 / 1.44 | | |
| <i>T. dicoccum</i> Полба 3. UA0300183 | 2016 | 32.0 | 5.78 | 1.69 | 0.14 | - | - | - | - |
| | 2017 | 26.5 | 6.40 | 1.18 | 0.08 | - | - | - | - |
| | 2018 | 32.6 | 5.89 | 1.48 | 0.28 | - | - | - | - |
| | 2020 | 30.1 | 5.86 | 1.61 | 0.15 | 47.4 | 9.56 | 1.51 | 0.09 |
| | 2021 | 41.3 | 1.65 | 1.83 | 0.20 | 70.3 | 3.40 | 1.23 | 0.03 |
| межі варіювання/ середнє | | 26.5-41.3 / 32.5 | 1.18-1.83 / 1.56 | | 47.4-70.3 / 58.9 | | 1.23-1.51 / 1.37 | | |
| <i>T. dicoccum</i> Полба красная. UA0300049 | 2016 | 36.3 | 2.07 | 1.78 | 0.31 | - | - | - | - |
| | 2017 | 27.4 | 4.33 | 1.72 | 0.45 | - | - | - | - |
| | 2018 | 36.2 | 2.48 | 1.51 | 0.15 | - | - | - | - |
| | 2019 | 29.3 | 5.14 | 1.68 | 0.26 | - | - | - | - |
| | 2020 | 29.9 | 3.36 | 1.68 | 0.32 | 53.6 | 8.90 | 1.51 | 0.10 |
| | 2021 | 33.4 | 3.24 | 1.68 | 0.09 | 60.7 | 5.10 | 1.39 | 0.06 |
| межі варіювання/ середнє | | 27.4-36.3 / 32.1 | 1.51-1.78 / 1.68 | | 53.6-60.7 / 57.2 | | 1.39-1.51 / 1.45 | | |
| | 2012 | 25.5 | 4.02 | 1.06 | 0.39 | 41.2 | 6.35 | 1.63 | 0.07 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|-------|-------------------------|------|
| <i>T. dicoccum</i> UA0300012 | 2014 | 38.9 | 1.27 | 1.74 | 0.15 | 66.0 | 3.66 | 1.41 | 0.04 |
| | 2016 | 33.7 | 3.14 | 1.75 | 0.09 | - | - | - | - |
| | 2017 | 35.1 | 3.51 | 1.67 | 0.14 | - | - | - | - |
| | 2018 | 37.5 | 2.22 | 1.81 | 0.15 | - | - | - | - |
| межі варіювання/ середнє | | 25.5-37.5 / 34.1 | | 1.06-1.81 / 1.61 | | 41.2-66.0 / 53.6 | | 1.41-1.63 / 1.52 | |
| <i>T. dicoccum</i> UA0300184 | 2016 | 52.1 | 4.06 | 1.37 | 0.06 | - | - | - | - |
| | 2017 | 39.2 | 3.61 | 1.72 | 0.15 | - | - | - | - |
| | 2018 | 38.5 | 5.40 | 1.88 | 0.06 | - | - | - | - |
| межі варіювання/ середнє | | 38.5-52.1 / 43.3 | | 1.37-1.88 / 1.66 | | | | | |
| <i>T. dicoccum</i> UA0300036 | 2012 | 16.7 | 2.38 | 1.57 | 0.26 | 27.3 | 5.03 | 1.76 | 0.06 |
| | 2014 | 47.6 | 2.83 | 1.62 | 0.09 | 70.0 | 6.27 | 1.37 | 0.05 |
| | 2016 | 43.1 | 3.36 | 1.62 | 0.21 | 68.1 | 7.01 | 1.36 | 0.07 |
| | 2017 | 35.5 | 7.78 | 1.44 | 0.10 | - | - | - | - |
| | 2018 | 48.8 | 1.66 | 1.53 | 0.17 | 77.0 | 4.64 | 1.37 | 0.03 |
| межі варіювання/ середнє | | 16.7-48.8 / 38.3 | | 1.44-1.62 / 1.56 | | 27.3-77.0 / 60.6 | | 1.36-1.76 / 1.47 | |
| <i>T. dicoccum</i> UA0300405 | 2014 | 48.8 | 1.90 | 1.56 | 0.15 | 76.8 | 4.01 | 1.43 | 0.03 |
| | 2017 | 43.2 | 12.0 | 1.35 | 0.17 | - | - | - | - |
| | 2018 | 44.6 | 4.98 | 1.69 | 0.18 | 76.8 | 5.99 | 1.53 | 0.09 |
| | 2019 | 42.1 | 3.13 | 1.65 | 0.09 | 66.6 | 6.33 | 1.51 | 0.07 |
| | 2020 | 42.8 | 2.46 | 1.80 | 0.18 | 66.8 | 8.75 | 1.58 | 0.07 |
| | 2021 | 41.9 | 4.80 | 1.69 | 0.11 | 70.1 | 7.63 | 1.46 | 0.06 |
| межі варіювання/ середнє | | 41.9-48.8 / 43.9 | | 1.35-1.80 / 1.62 | | 66.6-76.8 / 71.4 | | 1.43-1.58 / 1.50 | |
| <i>T. dicoccum</i> UA0300026 | 2012 | 25.5 | 4.02 | 1.06 | 0.39 | 41.2 | 6.35 | 1.63 | 0.07 |
| | 2014 | 36.9 | 5.62 | 1.54 | 0.14 | 63.2 | 5.66 | 1.30 | 0.10 |
| | 2016 | 42.3 | 6.67 | 1.56 | 0.24 | 64.3 | 8.75 | 1.40 | 0.08 |
| | 2017 | 38.9 | 4.76 | 1.61 | 0.23 | - | - | - | - |
| | 2018 | 40.8 | 5.72 | 1.56 | 0.21 | - | - | - | - |
| межі варіювання/ середнє | | 25.5-42.3 / 36.9 | | 1.06-1.61 / 1.47 | | 41.2-64.3 / 56.2 | | 1.30-1.63 / 1.44 | |
| <i>T. dicoccum</i> С.Г. 164/12_1 | 2016 | 36.6 | 8.91 | 1.84 | 0.47 | 53.1 | 15.7 | 1.42 | 0.24 |
| | 2017 | 34.0 | 3.62 | 1.79 | 0.37 | - | - | - | - |
| | 2018 | 32.7 | 7.25 | 1.72 | 0.23 | - | - | - | - |
| | 2019 | 39.4 | 3.15 | 1.62 | 0.24 | - | - | - | - |
| | 2020 | 33.4 | 4.87 | 1.90 | 0.43 | 55.5 | 9.83 | 1.56 | 0.10 |
| | 2021 | 34.6 | 3.50 | 1.74 | 0.16 | 60.3 | 6.39 | 1.38 | 0.06 |
| межі варіювання/ середнє | | 32.7-39.4 / 35.1 | | 1.62-1.90 / 1.77 | | 53.1-60.3 / 56.3 | | 1.38-1.56 / 1.45 | |
| <i>T. ispahanicum</i> UA0300070 | 2012 | 30.5 | 5.87 | 1.37 | 0.20 | 49.5 | 11.07 | 1.94 | 0.18 |
| | 2014 | 37.7 | 2.23 | 1.58 | 0.14 | 54.7 | 0.17 | 1.76 | 0.14 |
| | 2016 | 37.3 | 3.25 | 1.80 | 0.17 | 86.0 | 8.49 | 1.53 | 0.12 |
| | 2017 | 28.9 | 3.91 | 1.49 | 0.16 | 45.3 | 6.11 | 1.85 | 0.02 |
| | 2018 | 32.3 | 5.34 | 1.52 | 0.14 | 56.5 | 8.86 | 1.89 | 0.07 |
| | 2019 | 28.5 | 8.32 | 1.64 | 0.08 | 43.8 | 15.5 | 1.92 | 0.16 |
| | 2020 | 19.6 | 5.31 | 1.51 | 0.19 | 36.0 | 7.68 | 2.01 | 0.17 |
| | 2021 | 31.8 | 2.22 | 1.79 | 0.16 | 56.1 | 5.20 | 1.82 | 0.06 |
| межі варіювання/ середнє | | 19.6-37.7 / 30.8 | | 1.37-1.80 / 1.59 | | 36.0-86.0 / 53.5 | | 1.53-2.01 / 1.84 | |

UDC 575.21/633.11

IDENTIFICATION OF EMMER SAMPLES BY SPIKELETS GRAININESS AND GRAIN INDICES

Rozhkov R.V., Tverdokhlib O.V., Kryvoruchenko R.V., Turchynova N.P.

The growing demand for grain products from rare wheat species observed in recent decades has prompted breeders to intensify their research in this area. One of the species that we have recently seen reviving in many parts of the world is the ancient, tetraploid, membranous wheat species, emmer (*T. dicoccum*), which is of interest due to its high grain quality and suitability for low-cost organic farming. When creating new varieties of emmer, high-yielding varieties of soft and durum wheat are actively used in hybridization with it. The use of hulled varieties of soft and especially durum wheat in crosses with emmer resulted in the emergence of interspecific hybrid forms that differ significantly from the original *T. dicoccum* in terms of spike architecture, which led to taxonomic confusion. There was a need to find reliable morphological markers that would allow for the selection of highly productive plants, and which would be related to the *T. dicoccum* taxon by morphotype.

Taking into account the morphological traits that distinguish durum wheat varieties from emmer collection accessions, we identified traits that would allow for effective identification of plants and selection of the *T. dicoccum* morphotype without changing its spikelet architecture and without creating restrictions for their cultivation in modern agricultural production. These traits include, in particular, the following: spikelet graininess, the size and shape of the grains. To evaluate the size and shape of the grains in the experimental samples, we used the indices that we have developed, the effectiveness of which we have previously demonstrated on hexaploid wheat. It has been shown that the proposed grain indices and spikelet graininess allow us to assess the genetic diversity of wheat and to select morphotypes of the *T. dicoccum* type quite effectively, avoiding taxonomic confusion, i.e. to clearly determine the species affiliation of plants in hybrid populations and newly developed lines. On the basis of comparative analysis of tetraploid wheat species according to these traits, approaches to the selection and development of new varieties of emmer were determined.

Key words: *emmer (T. dicoccum (Schuebl.) Schrank)), durum wheat (T. durum Desf.), comparative analysis, Index of grain size, Index of grain roundness, spikelet graininess, weight of 1000 grains.*

REFERENCE

1. Babenko, L. M., Rozhkov, R. V., Pariy, Ya. F., Pariy, M. F., Vodka, M. V., Kosakisvska, I. V. (2017). *Triticum dicoccum* (Shrank) Schuebl.: origin, biological characteristics and prospects for use in breeding and agriculture. Visn. Hark. nac. agrar. univ., Ser. Biol., Issue 2(41), 92-102 pp. <https://doi.org/10.35550/vbio2017.02.092> [in Ukrainian]
2. Bencze, S., Makádi, M., Aranyos, T. J., Földi, M., Hertelendy P., Mikó P., Bosi, S., Negri, L. and Drexler, D. (2020). Re-Introduction of Ancient Wheat Cultivars into Organic Agriculture – Emmer and Einkorn Cultivation Experiences under Marginal Conditions. Sustainability 12, 1584 p. <https://doi.org/10.3390/su12041584>
3. Biradar, S. S., Yashavanthakumar, K. J., Navathe, S., Reddy, U. G., Baviskar, V. S., Gopalareddy, K., Lamani, K., and Desai, S. A. (2021). Chapter – Dicoccum Wheat: Current Status and Future Perspectives . Kashyap, P. L. et al. (eds.), New Horizons in Wheat and Barley Research. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4449-8_21
4. Edet, O. U., Gorafi, Y. S. A., Nasuda, S., Tsujimoto, H. (2018) DArTseq-based analysis of genomic relationships among species of tribe Triticeae. Scientific Reports. Vol. 8. P. 8:16397 <https://DOI:10.1038/s41598-018-34811-y>
5. Ermantraunt, E. R., Hoptsii, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P. & Prysiashniuk, O. I. (2014). Methods of breeding experiment (in crop production), Kharkiv, 229 p. [in Ukrainian]
6. Curzon, A. Y., Chandrasekhar, K., Nashef, Y. K., Abbo S., Bonfil, D. J., Reifen, R., Bar-el, S., Avneri, A. & Ben-David, R. (2019). Distinguishing between bread wheat and spelt grains using molecular markers and spectroscopy. J. Agric. Food Chem., 67, 13, 3837–3841 pp.. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00131>
7. Golik, O. V., Kabacyura, A. A. (2012). Kharakterystyka vykhidnoho materialu yarykh pshenytsi ta polby za ekolohichnoi plastychnosti urozhainosti ta dosiahnennia selektsii [Characteristics of spring wheat and emmer source material for environmental yield plasticity and breeding achievement]. Plant Breeding and Seed Production, 101, 39-49 pp. [in Ukrainian]
8. Kyrienko, A. V., Rozhkov, R. V., Parii, M. F., Symonenko, Y. V. (2018) Genotyping of Triticum ssp. Hexaploid Species Samples with ISSR-Markers, Cytology and Genetics, vol. 52, (4), 276–282 pp. [DOI:10.3103/S0095452718040047](https://doi.org/10.3103/S0095452718040047)
9. Lacko-Bartosova, M., Curn, V., Lacko-Bartosova, L. (2015) Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming // Research Journal of Agricultural Science, 47(1), 3-10 pp.

10. Martín-Gómez, J. J., Rewicz, A., Goriewa-Duba, K., Wiwart, M., Tocino, Á. and Cervantes, E. (2019) Morphological Description and Classification of Wheat Kernels Based on Geometric Models. *Agronomy*, 9, 399 p. <https://doi:10.3390/agronomy9070399>
11. Morgun, V. V., Sichkar, S. M., Pochynok, V. M., Golik, O. V., Chugunkova, T. V. (2015). Analiz struktury produktyvnosti kolektsiinykh zrazkiv maloposhyrenykh vydiv pshenytsi [Analysis of the productivity structure of collection samples of rare wheat species]. In: Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv [Factors of experimental evolution of organisms] 16, 136-140 pp. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/177374> [in Ukrainian]
12. Moudrý, J., Konvalina, P., Stehno, Z., Capouchová, I. and Moudrý, J. jr. (2011). Ancient wheat species can extend biodiversity of cultivated crops. *Scientific Research and Essays*. 6(20), 4273-4280 pp. <https://doi:10.5897/SRE11.928>
13. Rozhkov, R. V. (2006). Inheritance of polonoid traits in hybridization of *Triticum ispahanicum* Heslot with durum wheat of the Kharkivska 15 variety. *Visn. hark. nac. agrar. univ. Ser. Biol.* 1(8): 112-118. [in Ukrainian]
14. Rozhkov, R. V. (2018). Indices for grain morphometric assessment of hexaploid wheat species. *Plant varieties Studyng and Protection*. 14(1), 75-80 pp. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126513> [in Ukrainian]
15. Rozhkov, R. V., Parii, M. F., Parii, Ya. F., Babenko, L. M., Popov, V. M., Dolgova, T. A., Palachova, N. E., Turchynova, N. P., Tverdokhlib, O. V. (2020, a). Genetic potential of samples of spring emmer from working collection of Ukrainian Scientific Institute of plant breeding. *Visn. hark. nac. agrar. univ. Ser. Biol.* 1(49): 79-88 pp. <https://doi.org/10.35550/vbio2020.01.079> [in Ukrainian]
16. Rozhkov R. V., Turchynova, N. P., Gudim O. V. (2020, b). The use of indices the morphometric parameters of grain in the species diversity of wheat. Materials of the final scientific conference of teaching staff and applicants for scientific degrees (July 01-02, 2020). KhNAU n.a. V.V. Docuchaev, Kharkiv. I: 163–165. [in Ukrainian]
17. Rozhkov, R. V., Babenko, L. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., Ivanov, O. V., & Turchinov, O. O. (2023). Emmer: origin, distribution, biology and prospects of revival in modern agricultural production of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 51(1), 90-103. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.1.1> [in Ukrainian]
18. Russo, M. A., Ficco, D. B. M., Laido, G., Marone, D., Papa, R., Blanco, A., Gadaleta, A., Vita, D. P., Mastrangelo, A. M. (2014). A dense durum wheat 3 *T. dicoccum* linkage map based on SNP markers for the study of seed morphology. *Molecular Breeding*. <https://doi:10.1007/s11032-014-0181-5>
19. Salina, E., Borner, A., Leonova, I., Korzun, V., Laikova, L., Maystrenko, O., Roder, M.S. (2000) Microsatellite mapping of the induced sphaerococcoid mutation genes in *Triticum aestivum*. *Theor. Appl. Genet.* 100, 686–689 pp. <https://doi.org/10.1007/s001220051340>
20. State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine 10.03.2023 ([minagro.gov.ua](https://www.minagro.gov.ua)) <https://www.profihort.com/wp-content/uploads/2018/07/5b488e7b71efe.pdf>
21. Tverdokhlib, O. V., Boguslavskiy, R. L. (2012). Vydove riznomanittia pshenytsi, napriamky i perspektyvy yoho vykorystannia. [The species variety of wheat, directions and prospects of its use]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS [Collected Works of Uman University of Horticulture]* 80(1), 37-47 pp. [in Ukrainian]

22. Tverdokhlib O. V., Boguslavskiy R. L., Bondarenko Y. O., Rozhkov R. V., Mariukha D. S., Turchynova N. P. Features of the spike structure of the einkorn wheats Visn. Hark. nac. agrar. univ., Ser. Biol., 2021, Issue 3 (54), p. 71-81 <https://doi.org/10.35550/vbio2021.03.071>
23. Zaharieva, M., Ayana, N. G., Al Hakimi A., Misra S. C., Monneveux P. (2010) Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review. Genet Resour Crop Evol. 57, 937–962 pp. <https://doi:10.1007/s10722-010-9572-6>
24. Zar, J. H. Biostatistical Analysis. 5th Edition, Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, xiii, 2010. 944 p.