

УДК 025.4.03:633.11:577.1

Голік О.В.*, Реліна Л.І., Любич В.В.

Каротиноїди твердої пшениці: бібліометричний аналіз літератури з наукометричної бази Lens.org

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, м. Харків, Україна

Уманський національний університет, м. Умань, Черкаська обл., Україна

*E-mail: golik.oleg.vi@gmail.com

UDC 025.4.03:633.11:577.1

O.V. Holyk *, L.I. Relina, V.V. Liubych

Carotenoids of durum wheat: Bibliometric analysis of literature from Lens.org

Yuriev Plant Production Institute of NAAS, Kharkiv, Ukraine

Uman National University

*E-mail: golik.oleg.vi@gmail.com

Реферат: Пшениця тверда (*Triticum durum*) – другий після м'якої пшениці найбільш культивований вид пшениці. Одним з основних показників якості зерна пшениці твердої є індекс жовтості (YI), який визначається вмістом каротиноїдів. Сорти пшениці з високим вмістом каротиноїдів високо ціняться у макаронній промисловості. Це зумовлює велику кількість наукових публікацій, присвячених питанням каротиноїдів твердої пшениці. Для аналізу великих обсягів різноспрямованої наукової літератури використовуються бібліометричні показники. Нашою метою було оцінити публікаційну діяльність за тематикою «каротиноїди твердої пшениці» за основними бібліометричними параметрами. Для пошуку та аналізу літератури використовували наукометричну базу Lens.org. Всього було знайдено 2364 наукові роботи, опубліковані за період з 1955 р. по 2025 р. Після 1990 р. кількість публікацій за рік почала поступово зростати, а з 2007 р. публікаційна активність за тематикою «каротиноїди твердої пшениці» почала зростати стрімко, досягнувши максимуму в 2021-2022 рр., після чого спостерігається різкий спад. Динаміка цитування відрізняється від динаміки числа публікацій. Цей показник після 1997 р. також почав стрімко зростати, але він характеризується дуже значними коливаннями, хоча рік максимальної загальної кількості цитувань майже збігається з роком максимальної кількості публікацій – 2020 р. В журналах *Foods* (Basel, Switzerland), *Frontiers in Plant Science* і *Plants* (Basel, Switzerland) було опубліковано найбільше статей за цією тематикою. Журнали *Frontiers in Plant Science*, *Photosynthetica* та *Agronomy* є лідерами за показником цитування. Найбільш продуктивними авторами є Agata Gadaleta, Sergio R. Atienza і Andrea Brandolini, а найбільш цитованими – Agata Gadaleta, Pasquale De Vita, Antonio Blanco і Antonella Pasqualone. Серед організацій Spanish National Research Council посідає перше місце як за кількістю публікацій, так і за кількістю цитувань. Серед країн лідером за кількістю публікацій є Італія, а за загальною кількістю цитувань – США. Також була проаналізована тематика найбільш цитованих публікацій, і було виявлено, що найбільшу кількість цитувань отримали огляди, присвячені широким проблемам стійкості, біохімії, фізіології та селекції рослин. Завдяки проведеній бібліометричній оцінці охарактеризовано динаміку та регіональні особливості публікаційної діяльності в сфері досліджень каротиноїдів твердої пшениці, виявлено найбільш впливові журнали, провідні установи та авторів, а також проаналізовано найбільш цитовані публікації. Підкреслюються розбіжності при аналізі за різними бібліометричними показниками, а саме кількістю публікацій і кількістю цитувань, найбільш цитованими авторами та найбільш цитованими документами.

Ключові слова: *Triticum durum*, каротиноїдні пігменти, бібліометрика.

Abstract: Durum wheat (*Triticum durum*) is the second most cultivated wheat species. The yellowness index (YI) is one of the main indicators of durum wheat grain quality. It is determined by carotenoid content. Wheat varieties with high carotenoid content are highly valued in the pasta industry. This accounts for the large number of documents dedicated to the topic of carotenoids in durum wheat. Bibliometric parameters are used to analyze large corpuses of diverse scientific literature. Our purpose was

to evaluate publishing activity on the "carotenoids of durum wheat" topic based on key bibliometric parameters. The scientometric database Lens.org was used for literature search and analysis. A total of 2,364 scientific papers published between 1955 and 2025 were found. After 1990, the number of publications per year began to increase gradually, and from 2007, publishing activity on the "carotenoids of durum wheat" topic started to grow rapidly, reaching its peak in 2021-2022, after which a sharp decline was noted. The citation time profile differs from that of the number of publications. This parameter also began to grow rapidly after 1997 but is characterized by very significant fluctuations, although the year of the maximum total number of citations (2020) almost coincides with the years of the maximum number of publications. *Foods* (Basel, Switzerland), *Frontiers in Plant Science*, and *Plants* (Basel, Switzerland) published the most of the articles on this topic. *Frontiers in Plant Science*, *Photosynthetica*, and *Agronomy* are the leaders in terms of citations. The most productive authors are Agata Gadaleta, Sergio R. Atienza, and Andrea Brandolini, while the most cited ones are Agata Gadaleta, Pasquale De Vita, Antonio Blanco, and Antonella Pasqualone. Among organizations, the Spanish National Research Council holds the first place in both the number of publications and citation count. Italy is the leading country in terms of the number of publications, and the USA is the leader in the total number of citations. The themes of the most cited publications were also analyzed, and it was found that reviews dedicated to broad issues of plant resilience, biochemistry, physiology, and breeding received the highest counts of citations. The bibliometric evaluation allowed for characterization of the temporal evolution and regional peculiarities of the publishing activity in durum wheat carotenoid research, identification of the most influential journals, leading institutions, and authors; the most cited publications were also reviewed. The discrepancies in the analyses of different bibliometric parameters are highlighted, specifically the number of publications versus the citation count and the most cited authors versus the most cited documents.

Key words: *Triticum durum*, carotenoid pigments, bibliometrics

Вступ

Пшениця тверда (*Triticum durum* або *Triticum turgidum* підвид. *durum*) - другий після м'якої пшениці найбільш культивований вид пшениці після після пшениці м'якої, хоча вона становить лише від 5 % до 8 % світового виробництва пшениці [1]. Незважаючи на відносно невеликий обсяг виробництва, це економічно важлива культура завдяки своїм унікальним характеристикам та використанню у виробництві важливих харчових продуктів, таких як макаронні вироби. Окрім макаронних виробів, тверда пшениця використовується для виробництва різних продуктів, таких як булгур, кускус, фреке, повітряні пластівці, гарячі пластівці, десерти, наповнювач для випічки, а в деяких регіонах світу — для випічки різних видів хліба. Світове використання твердої пшениці, включаючи як харчові, так і кормові напрями, постійно зростає.

Ключові показники якості зерна пшениці твердої включають вміст білка, вміст вологої клейковини, індекс жовтості (YI), склоподібність, натуру зерна, масу 1000 зерен та інше. Індекс жовтості визначається вмістом каротиноїдів. Сорти пшениці з високим

вмістом каротиноїдів високо ціняться у макаронній промисловості, оскільки вони корисні для здоров'я і надають макаронним виробам привабливого жовтого відтінку [2]. Це робить тему «каротиноїди в зерні твердої пшениці» одним із найважливіших трендів в дослідженнях твердої пшениці. Ця тема має багато аспектів: 1) Склад і вміст каротиноїдів. Хоча лютеїн є найпоширенішим з каротиноїдів, а зеаксанин, α -каротин та β -каротин містяться в зерні твердої пшениці в незначних кількостях, різні сорти можуть відрізнятися за складом цих сполук [3 – 5]. Вміст каротиноїдів також характеризується значними міжсортowymi відмінностями. 2) На рівні каротиноїдів також впливають зовнішні фактори, такі як температура, вологість, удобрення, тощо, тому дослідження цих питань також продовжуються [6 – 8]; 3) На сучасному рівні розвитку наук про рослини вчені зосереджені на вивченні генетичних та біохімічних механізмів, які зумовлюють вміст та склад каротиноїдів в зерні [9, 10]. 4) Значення каротиноїдів твердої пшениці для здоров'я людини – одне з центральних питань в рамках цієї тематики [11]. 5) Під час помелу значна частина цих пігментів може втрачатися, також вони можуть деградувати під час

зберігання та обробки. Вивчення таких процесів важливе з практичної точки [12, 13]. 6) З цим напрямом тісно пов'язаний інший аспект досліджень каротиноїдів твердої пшениці – етерифікація. Етерифікація каротиноїдів – це природний процес, під час якого жирні кислоти, такі як лінолева або пальмітинова, ковалентно зв'язуються з каротиноїдами, головним чином з лютеїном. Цей процес перетворює вільні каротиноїди на їх більш стабільні форми – моноефіри та діефіри лютеїну [14 – 16]. 7) Таким чином, селекція на підвищений вміст каротиноїдів і їх посилену етерифікацію є важливим напрямом покращення пшениці твердої [4, 17]. 8) Як джерела підвищеного вмісту каротиноїдів інтенсивно вивчаються місцеві сорти та стародавні види пшениці [18 – 20]. Враховуючи все це, можна очікувати великий обсяг різноспрямованої наукової літератури в рамках тематики «каротиноїди твердої пшениці». Для аналізу подібних масивів літературних джерел застосовують бібліометричний підхід [21]. Минулого року вийшов докладний бібліометричний огляд, присвячений аналізу досліджень пшениці твердої в цілому [22], проте, наскільки нам відомо, тематика «каротиноїди твердої пшениці» ще не розглядалася з бібліометричної точки зору. Зважаючи на це, ми поставили за мету провести

бібліометричний аналіз публікаційної діяльності в цій сфері досліджень.

Матеріали і методи

Для пошуку та аналізу літератури використовували наукометричну базу Lens.orgs (<https://www.lens.org/>), яка є відкритим ресурсом для пошуку патентних та наукових документів, має досить розвинутий інструментарій для бібліометричного аналізу і останнім часом активно використовується дослідниками в різних галузях знань [23, 24]. Для пошуку використовували комбінацію слів «durum» (оскільки це слово охоплює як і латинську назву «*Triticum durum*», так і англійський термін «durum wheat»), а також «carotenoids». Для аналізу відібрали наступні типи документів: статті в журналах, спеціальні випуски журналів, книги, розділи книг, дисертації, окремо видані огляди та матеріали конференцій. Дата зрізу даних – 9 вересня 2025 р. Всього було знайдено 2364 наукові роботи, які були опубліковані за період з 1955 р. по 2025 р.

Результати та обговорення

Левову частку опублікованих документів (96%) складають статті в журналах (рис. 1).

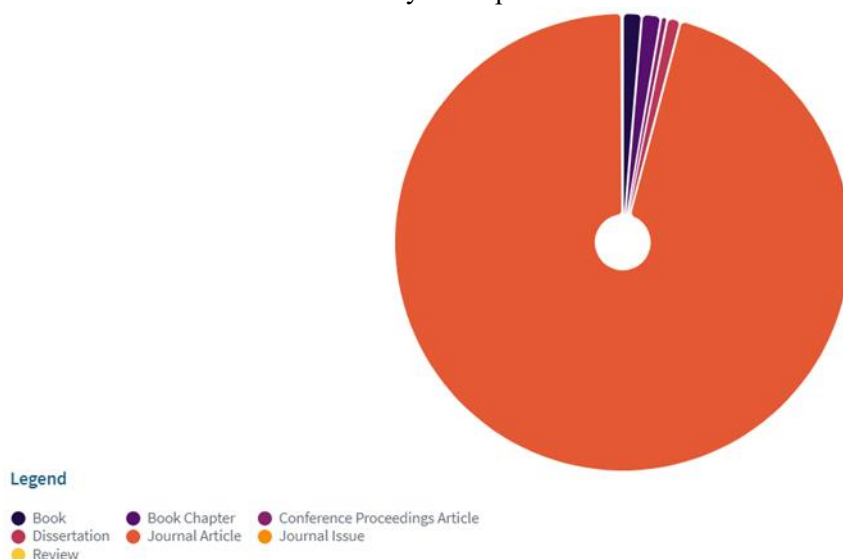


Рис. 1 Типи документів за тематикою «каротиноїди твердої пшениці».

На рис. 2 можна побачити, що до 1990 р. в науковій літературі з'являлися лише

поодинокі статті, які стосувалися питань каротиноїдів в зерні пшениці. Після 1990 р.

кількість публікацій за рік почала поступово зростати, а з 2007 р. публікаційна активність почала зростати стрімко, досягнувши максимуму в 2021-2022 рр. Зростання кількості публікацій зазвичай є стабільним і передбачуваним, оскільки на це впливають такі наступні чинники: 1) Збільшення кількості дослідників та/або фінансування. Це створює постійний приплив нових робіт; 2) Політика "публікуйся або пропадеш" ("publish or perish"). У наукових установах публікації є обов'язковою умовою для кар'єрного зростання та отримання грантів. Це спонукає дослідників активізувати свою публікаційну діяльність, навіть якщо їхні роботи не є проривними; 3) Поява нових журналів та платформ.

Збільшення кількості, зокрема електронних видань, журналів, з відкритим доступом, варіантів безкоштовної публікації, робить публікування легшим. Після 2002 р. спостерігається досить різкий спад публікаційної активності в тематиці «каротиноїди твердої пшениці». Навряд чи дослідники з'ясували все, що можна з цієї проблеми, більш ймовірно, що почався новий пакет досліджень, результати яких будуть опубліковані згодом. Крім того, можна помітити, що до 1990 р. типи публікацій були представлені виключно журнальними статтями, а інші типи документів почали публікувати в помітних кількостях з 2012 р.

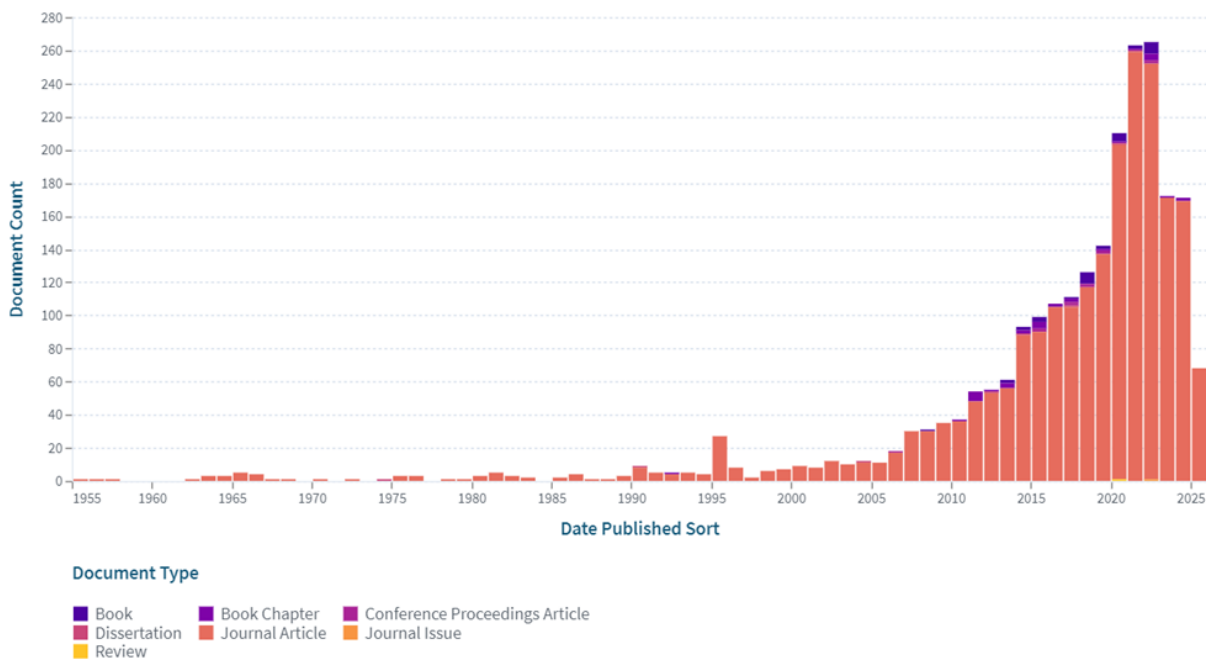


Рис. 2 Динаміка кількості документів, опублікованих за тематикою «каротиноїди твердої пшениці»

Динаміка цитування (рис. 3) дещо відрізняється від динаміки числа публікацій. Цей показник також почав стрімко зростати (після 1997 р.), але він характеризується дуже значними коливаннями, хоча рік максимального загального числа цитувань майже збігається з роками максимального числа публікацій – 2020 р., коли публікації, що стосувалися питань каротиноїдів твердої пшениці, були процитовані в 9479 документах. Розбіжності в динаміці кількості публікацій і кількості цитувань можуть пояснюватися наступними причинами: 1) Публікація "хітових" статей. Навіть 1-2

надзвичайно популярні огляди або проривні експериментальні статті можуть різко збільшити загальну кількість цитувань за певний рік. Це створює "піки" в динаміці цитувань, які не корелюють зі стабільним зростанням кількості публікацій; 2) Затримка у цитуванні. Статтю рідко цитують у той самий рік, коли вона була опублікована. Часто пік цитувань настає через кілька років після публікації. Тому цитування, які відображаються в певному році, можуть стосуватися публікацій попередніх років, що створює тимчасову розбіжність між двома графіками.

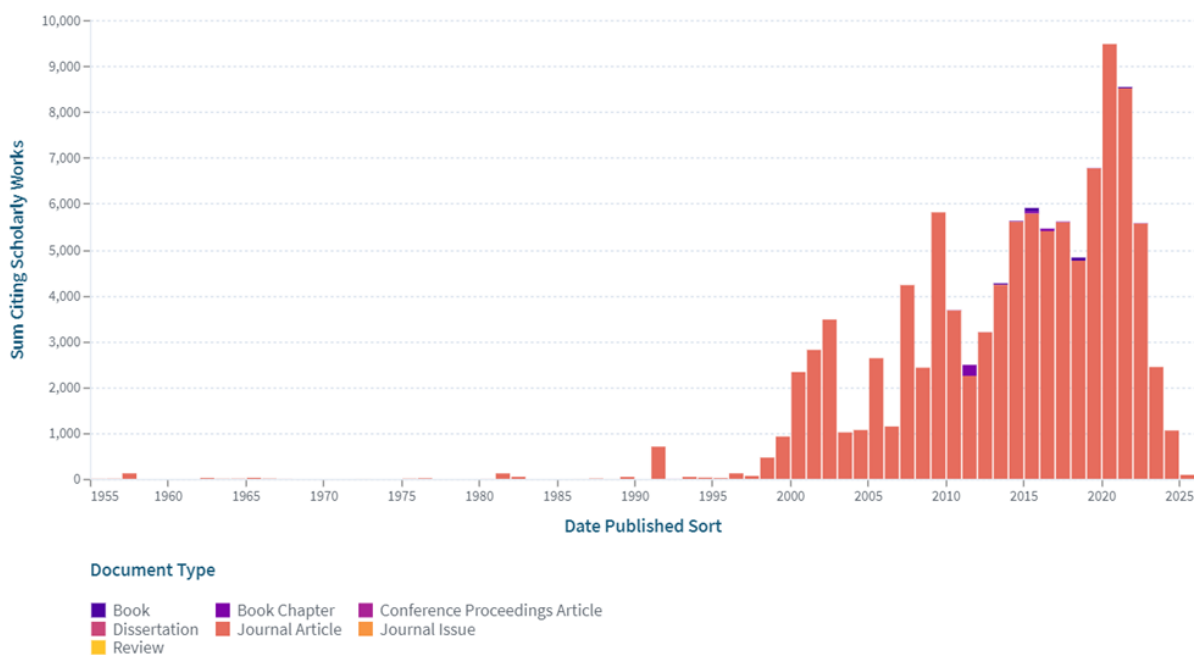


Рис. 3 Динаміка загальної кількості цитувань документів, опублікованих за тематикою «каротиноїди твердої пшениці»

На рис. 4 представлені топові журнали в тематиці «каротиноїди твердої пшениці» за кількістю публікацій. Помітно, що серед топових журналів за цим показником особливо

виділяються *Foods* (Basel, Switzerland), *Frontiers in Plant Science* і *Plants* (Basel, Switzerland): 100, 90 і 79 опублікованих документів.

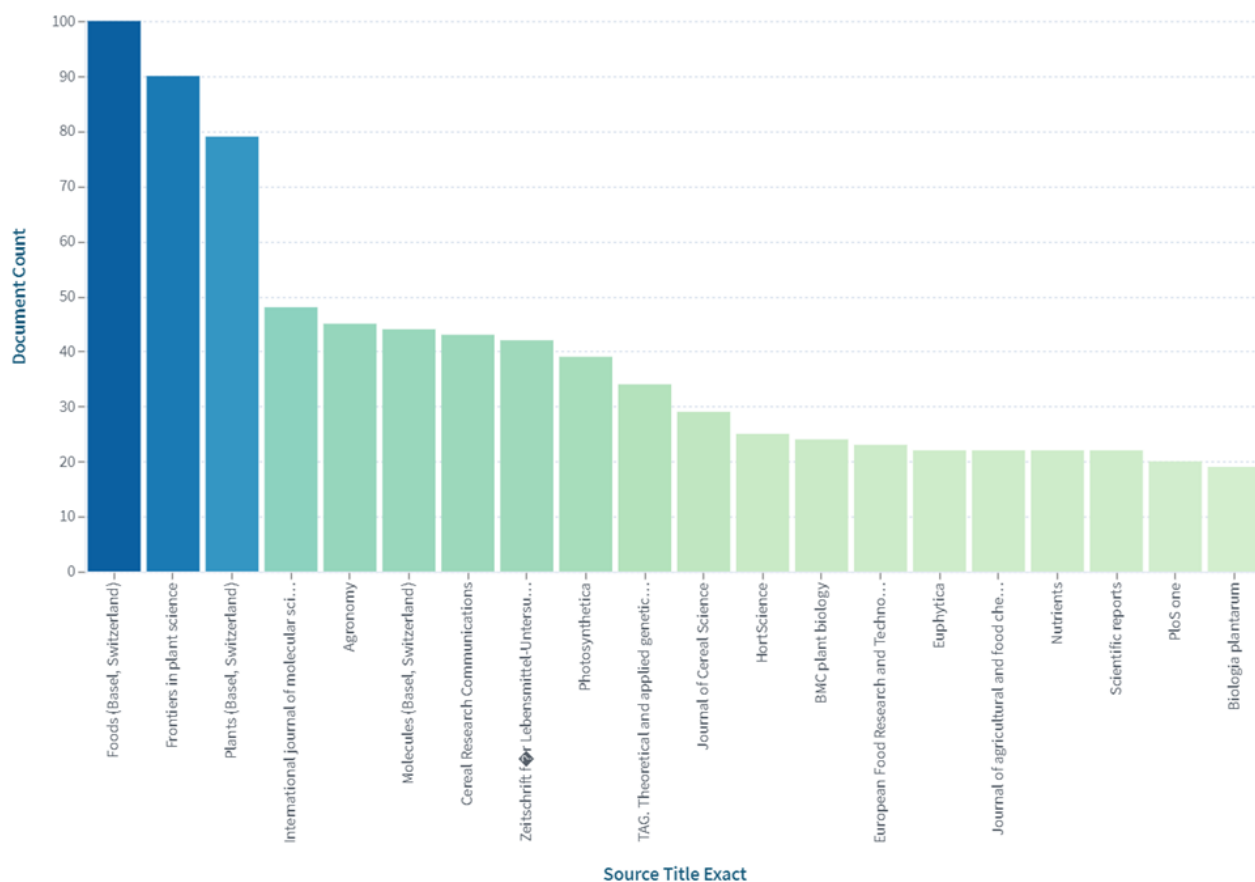


Рис. 4 Провідні журнали за кількістю публікацій в тематиці «каротиноїди твердої пшениці»

Однак ранжування журналів за загальною кількістю цитувань дає дещо іншу картину (рис. 5). Журнал *Frontiers in Plant Science* є беззаперечним лідером за цим показником (опубліковані в ньому статті було процитовано 6808 разів), тоді як журнали *Foods (Basel, Switzerland)* і *Plants (Basel, Switzerland)* із

загальною кількістю цитувань 2062 і 2010 розташувалися на 6-му і 7-му місцях відповідно. Друге і третє місця займають журнали *Photosynthetica* та *Agronomy* із загальною кількістю цитувань 3813 та 3034 відповідно, хоча вони значно поступаються *Frontiers in Plant Science*.

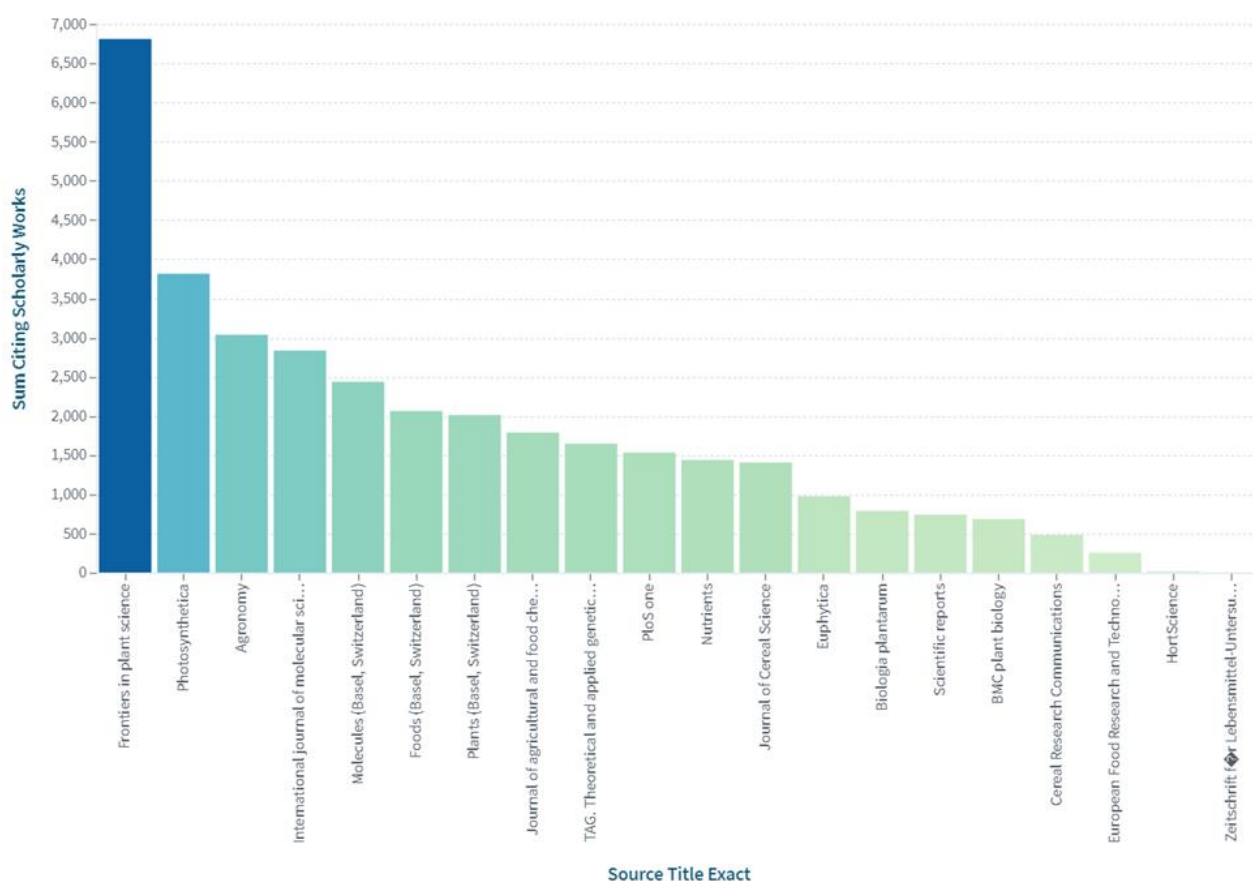


Рис. 5 Провідні журнали за загальною кількістю цитувань в тематиці «каротиноїди твердої пшениці»

Найбільш продуктивними авторами виявилися Agata Gadaleta, Sergio R. Atienza, які опублікували по 26 документів кожен (рис. 6). Третє місце посідає Andrea Brandolini з 19 публікаціями.

Однак про ранжуванні авторів за загальною кількістю цитувань вони розташувалися в іншому порядку (рис. 7).

Agata Gadaleta, роботи якої було процитовано 1008 разів, на першому місці і набагато випереджає інших топових авторів. Після неї розташувалася трійка авторів Pasquale De Vita, Antonio Blanco і Anntonella Pasqualone, роби яких було процитовано 682, 670 та 590 разів відповідно. Sergio R. Atienza опинився на 5-му місці з загальною кількістю цитувань 519.

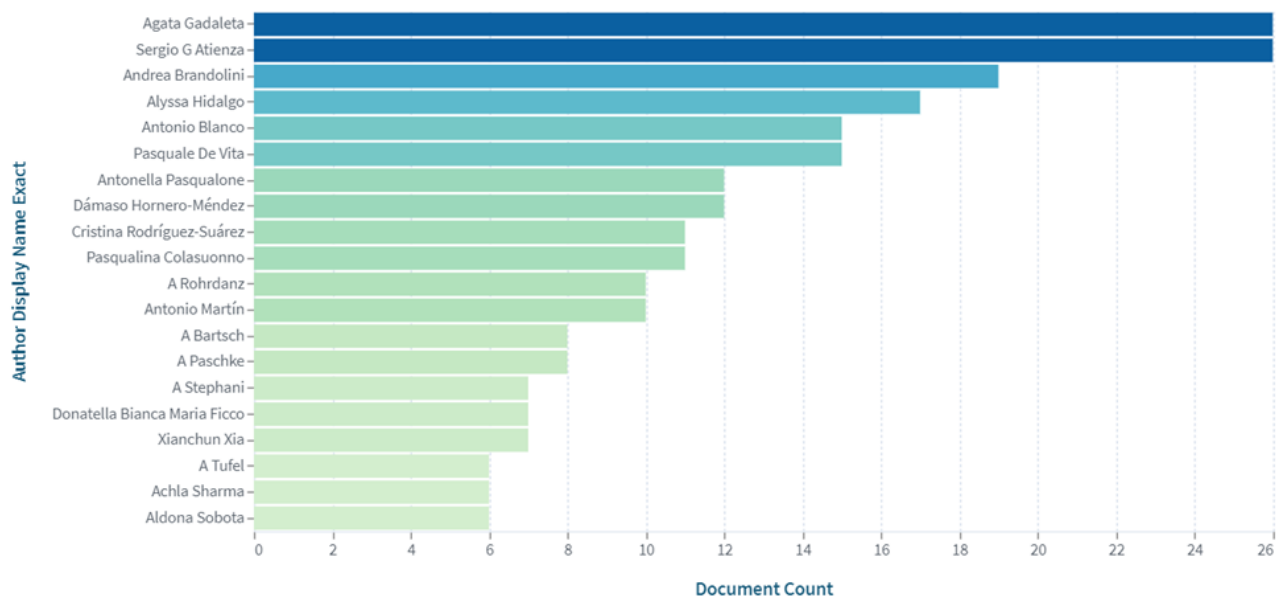


Рис. 6 Найбільш продуктивні автори в тематиці «каротиноїди твердої пшениці»

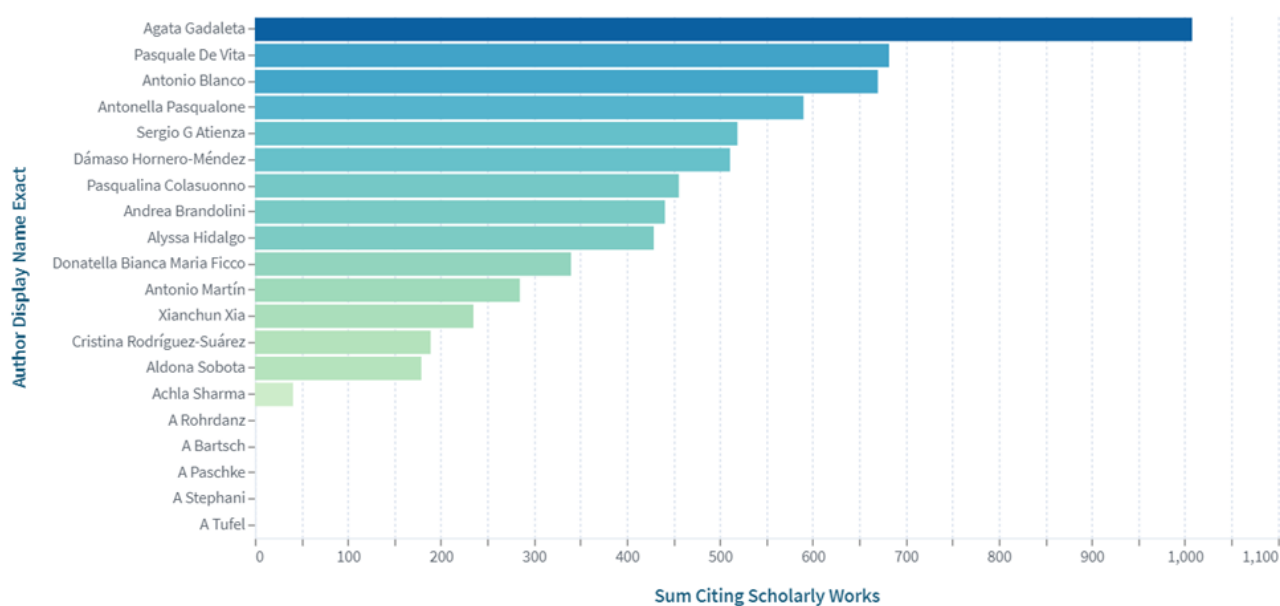


Рис. 7 Найбільш цитовані автори в тематиці «каротиноїди твердої пшениці»

Теплові карти на рис. 8 і 9 відображають найбільш продуктивні і найбільш цитовані організації, які працювали над проблемами каротиноїдів твердої пшениці. Очевидно, що Spanish National Research Council посідає перше місце як за кількістю публікацій, так і за кількістю цитувань, проте 2-ге, 3-тє і далі місця розташувалися по іншому. University of

Bari (Італія) на 2-му місці за кількістю публікацій, але 2-ге місце за кількістю цитувань посідає Agricultural Research Service (США). Також за кількістю цитувань виділяється National Research Institute for Agriculture, Food and Environment (INRAE, Франція).



Рис. 8 Найбільш продуктивні організації в тематичі «каротиноїди твердої пшениці»



Рис. 9 Найбільш цитовані організації в тематичі «каротиноїди твердої пшениці»

Теплові карти на рис. 10 та 11 дають уявлення про публікаційну активність країн в тематичі «каротиноїди твердої пшениці». Лідером за кількістю публікацій очікувано

стала Італія з США та Китаєм на 2-му та 3-му місцях відповідно. А от за загальною кількістю цитувань лідерами є США з Італією і Індією на 2-му та 3-му місцях відповідно.



Рис. 10 Найбільш продуктивні країни в тематичі «каротиноїди твердої пшениці»



Рис. 11 Найбільш цитовані країни в тематичі «каротиноїди твердої пшениці»

Аналіз в Lens.org також дозволяє відсортувати документи за кількістю цитувань і виділити найбільш впливові публікації. Слід зауважити, що найбільш цитовані роботи були присвячені ні каротиноїдам в зерні твердої пшениці *per se*, а охоплювали ширший спектр наукових проблем. Так, найбільш цитованою

роботою (3335 цитувань) була стаття Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. et al. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29, 185–212 (2009). <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>, це огляд, в якому розглядаються механізми посухостійкості рослин, вплив посухи на ріст,

фенологічні періоди та біохімічні процеси в рослинах, а також способи моделювання відповіді рослин на посуху. В очі впадає те, що у нашому аналізі найбільш цитований автор (Agata Gadaleta) і найбільш цитована публікація (Farooq et al. (2009)) не збігаються. Така ситуація не є унікальною в бібліометричних аналізах. Це можна пояснити тим, що Farooq et al. — це команда, яка створила надзвичайно впливовий, "хітовий" огляд, але в нашому наборі даних може бути лише ця одна їхня публікація. Тому загальні рахунки окремих авторів команди можуть бути низькими, бо вони прив'язані лише до цієї статті. В той же час Agata Gadaleta — це автор, яка, можливо, має багато публікацій, хоча жодна з яких не є такою популярною, як робота Farooq et al. Проте, їхня сукупна кількість цитувань є більшою, ніж сума цитувань будь-якого іншого автора у нашому наборі даних. Іншим прикладом такої ситуації є огляд Ashraf, M., Harris, P.J.C. *Photosynthesis under stressful environments: An overview*. *Photosynthetica*, 2013;51:163–190. (1646 цитувань), де розглядається засоленості, посухи та спеки на фізіологічні, біохімічні та молекулярні процеси в рослинах, і огляд Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P., Royo C. *Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for?* *Ann Bot.*, 2002;89(7):925-940. (1157 цитувань), де обговорюються фізіологічні детермінанти змін врожайності зернових культур, які використовують цикл Кальвіна для фіксації вуглекислого газу під час фотосинтезу, під впливом посухи, типи посухостійкості (уникнення стресу дефіциту води, толерантність до такого стресу) та ознаки, за якими можлива ефективна селекція на стійкість до посухи. Також до високоцитованими є огляди, присвячені стратегіям стійкості рослин до посухи:

Parihar P., Singh S., Singh R., Singh V.P., Prasad S.M. *Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review*. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 2015;22(6):4056-4075. (процитовано 1105 разів) та Acosta-Motos J.R., Ortuño M.F., Bernal-Vicente A., Diaz-Vivancos P., Sanchez-Blanco M.J., Hernandez J.A. *Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms*. *Agronomy*, 2017;7(1):18. (1080 цитувань).

Висновки

Завдяки проведеній бібліометричній оцінці охарактеризовано динаміку та регіональні особливості публікаційної діяльності в сфері досліджень каротиноїдів твердої пшениці, виявлено найбільш впливові журнали, провідні установи та авторів, а також проаналізовано найбільш цитовані публікації. Найбільшу кількість цитувань отримали не експериментальні статті з результатами досліджень каротиноїдів твердої пшениці, а огляди, присвячені широким проблемам стійкості, біохімії, фізіології та селекції рослин. Підкреслюються розбіжності при аналізі за різними бібліометричними показниками, а саме кількістю публікацій і кількістю цитувань, найбільш цитованими авторами та найбільш цитованими документами.

Подяка

НДР виконувалася за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації (номер державної реєстрації 0125U003530).

References

1. Boyacioglu, H. (2017). Global durum wheat use trending upward. World-Grain.com. <https://www.world-grain.com/articles/8777-global-durum-wheat-use-trending-upward>
2. Hentschel, V., Kranl, K., Hollmann, J., Lindhauer, M. G., Böhm, V. M., & Bitsch, R. (2002). Spectrophotometric determination of yellow pigment content and evaluation of carotenoids by high-performance liquid chromatography in durum wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6663–6668. <https://doi.org/10.1021/jf025701p>
3. Digesù, A. M., Platani, C., Cattivelli, L., Mangini, G., & Blanco, A. (2009). Genetic variability in yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheats. *Journal of Cereal Science*, 50(2), 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.05.002>
4. Subira, J., Peña, R. J., Álvaro, F., Ammar, K., Ramdani, A., & Royo, C. (2014). Breeding progress in the pasta-making quality of durum wheat cultivars released in Italy and Spain during the 20th Century. *Crop & Pasture Science*, 65(1), 16–26. <https://doi.org/10.1071/CP13238>
5. Groth, S., Wittmann, R., Longin, C. F. H., & Böhm, V. (2020). Influence of variety and growing location on carotenoid and vitamin E contents of 184 different durum wheat varieties (*Triticum turgidum* ssp. durum) in Germany. *European Food Research and Technology*, 246, 2079–2092. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03557-1>
6. Fratianni, A., Giuzio, L., Di Criscio, T., Zina, F., & Panfili, G. (2013). Response of carotenoids and tocopherols of durum wheat in relation to water stress and sulfur fertilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11), 2583–2590. <https://doi.org/10.1021/jf304168r>
7. Requena-Ramírez, M. D., Rodríguez-Suárez, C., Hornero-Méndez, D., & Atienza, S. G. (2024). Durum wheat at risk in a climate change scenario: The carotenoid content is affected by short heat waves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(37), 20354–20361. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c05718>
8. Requena-Ramírez, M. D., Rodríguez-Suárez, C., Flores, F., Hornero-Méndez, D., & Atienza, S. G. (2022). Marker-trait associations for total carotenoid content and individual carotenoids in durum wheat identified by genome-wide association analysis. *Plants*, 11(15), 2065. <https://doi.org/10.3390/plants11152065>
9. Colasuonno, P., Marcotuli, I., Blanco, A., Maccaferri, M., Condorelli, G. E., Tuberosa, R., Parada, R., de Camargo, A. C., Schwember, A. R., & Gadaleta, A. (2019). Carotenoid pigment content in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var durum): An overview of quantitative trait loci and candidate genes. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1347. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01347>
10. Oduro-Obeng, H. (2024). Bioaccessibility of dietary carotenoid compounds assessed from durum wheat [Doctoral thesis, University of Manitoba]. MSpace Institutional Repository. <https://mspace.lib.umanitoba.ca/server/api/core/bitstreams/7ad79168-43a5-4bb3-9d2e-0a94b153581d/content>
11. Mellado-Ortega, E., & Hornero-Méndez, D. (2017). Effect of long-term storage on the free and esterified carotenoids in durum wheat (*Triticum turgidum* conv. durum) and tritordeum ($\times$ Tritordeum Ascherson et Graebner) grains. *Food Research International*, 99(Pt 2), 877–890. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.05.012>
12. Mellado-Ortega, E., Atienza, S. G., & Hornero-Méndez, D. (2015). Carotenoid evolution during postharvest storage of durum wheat (*Triticum turgidum* conv. durum) and tritordeum ($\times$ Tritordeum Ascherson et Graebner) grains. *Journal of Cereal Science*, 62, 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.01.006>
13. Requena-Ramírez, M. D., Rodríguez-Suárez, C., Hornero-Méndez, D., & Atienza, S. G. (2024). Lutein esterification increases carotenoid retention in durum wheat grain. A step further in breeding and improving the commercial and nutritional quality during grain storage. *Food Chemistry*, 435, 137660. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137660>
14. Atienza, S. G., Ballesteros, J., Martín, A., & Hornero-Méndez, D. (2007). Genetic variability of carotenoid concentration and degree of esterification among Tritordeum (*Tritordeum Ascherson et Graebner*) and durum wheat accessions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4244–4251. <https://doi.org/10.1021/jf070342p>
15. Rodríguez-Suárez, C., Requena-Ramírez, M., Hornero-Méndez, D., & Atienza, S. G. (2023). Towards carotenoid biofortification in wheat: Identification of XAT-7A1, a multicopy tandem gene responsible for carotenoid esterification in durum wheat. *BMC Plant Biology*, 23, 412. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04431-4>
16. Rodríguez-Suárez, C., Requena-Ramírez, M. D., Hornero-Méndez, D., & Atienza, S. G. (2024, September 22–27). Inter-specific breeding programs for increasing carotenoid content in wheat [Poster presentation]. 3rd International Wheat Congress, Perth, Australia. <https://wheatvivo.org/display/iwc-abstract-2024-poster-57>
17. Requena-Ramírez, M. D., Hornero-Méndez, D., Rodríguez-Suárez, C., & Atienza, S. G. (2021). Durum wheat (*Triticum durum* L.) landraces reveal potential for the improvement of grain carotenoid esterification in breeding programs. *Foods*, 10(4), 757. <https://doi.org/10.3390/foods10040757>

18. Mulugeta, B., Tesfaye, K., Ortiz, R., Geleta, M., Haileselassie, T., Hammenhag, C., Hailu, F., & Johansson, E. (2023). Unlocking the genetic potential of Ethiopian durum wheat landraces with high protein quality: Sources to be used in future breeding for pasta production. *Food and Energy Security*, 12(6), e511. <https://doi.org/10.1002/fes3.511>
19. Stehno, Z., Paulíčková, I., Bradová, J., Konvalina, P., Capouchová, I., Mašková, E., & Pech, P. (2011). Evaluation of emmer wheat genetic resources aimed at dietary food production. *Journal of Life Sciences*, 5, 207–212.
20. Kumar, R. (2025). Bibliometric analysis: Comprehensive insights into tools, techniques, applications, and solutions for research excellence. *Spectrum of Engineering and Management Sciences*, 3(1), 45–62. <https://doi.org/10.31181/sems31202535k>
21. Blanco, A. (2024). Structure and trends of worldwide research on durum wheat by bibliographic mapping. *International Journal of Plant Biology*, 15(1), 132–160. <https://doi.org/10.3390/ijpb15010012>
22. Pejić Bach, M., Pivar, J., & Fabac, R. (2024). Emerging trends in generative artificial intelligence: Insights from patent analysis using Lens.org toolkit. In: *ITIS 2024 BOOK OF PROCEEDINGS: "Harnessing the power of big data for green and digital transition"* (pp. 151–160). University of Rijeka.
23. Jefferson, O., Lang, S., Williams, K., Koellhofer, D., Ballagh, A., Warren, B., Schellberg, B., Sharma, R., & Jefferson, R. (2021). Mapping CRISPR-Cas9 public and commercial innovation using The Lens institutional toolkit. *Transgenic Research*, 30, 10-18. <https://doi.org/10.1007/s11248-021-00237-y>

Надійшла до редакції 02.10.2025 р.; переглянуто 05.10.2025 р.; прийнято до друку 02.12.2025 р.