

Якісні показники зерна сортів ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) у різних умовах вирощування

А. М. Кирильчук*, С. Л. Чухлєб, Н. П. Щербиніна,
І. В. Безпрозвана, С. О. Ляшенко, В. Д. Шкляр

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,
*e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com

Мета. Оцінити якісні показники зерна сортів ячменю ярого, вирощуваного в різних ґрунтово-кліматичних умовах. **Методи.** Під час досліджень використовували лабораторний, розрахунковий і статистичний методи, для підготовки висновків – аналізу та синтезу. **Результати.** У результаті досліджень 2020–2021 рр. вдалося виявити вплив ґрунтово-кліматичних зон (Степу, Лісостепу й Полісся) та умов вирощування на такі показники якості різних сортів ячменю ярого, як вирівняність зерна і вміст білка. Так, вирівняність у різні роки випробувань коливалася від 86,7 (висока, Полісся) до 95,1% (дуже висока, Лісостеп). 2021 року завдяки сприятливим метеорологічним умовам періоду вегетації її показники вдалося збільшити, порівнюючи з 2020 р., на 4,3% у Степу, 4,6% в Лісостепу та майже на 6,0% у Поліссі. У середньому вирівняність зерна, вирощеного в різних філіях УІЕСР, зросла на 5,6%. Максимальні її значення отримано для сортів 'Avus' – 93,9% (Степ), 'Novyi SvitanoK' – 94,5–96,6% (Полісся, Лісостеп). Залежно від ґрунтово-кліматичної зони та року випробування вміст білка в зерні варіювався від 10,9 (низький, Степ) до 13,4% (середній, Лісостеп). У середньому цей показник знижувався у 2021 р. на 2,5% проти 2020 р., і лише в зоні Полісся зафіксували його збільшення на 2,6%. Найвищий вміст білка виявлено в сортів 'Істр' – 13,5–13,9% (Степ і Лісостеп) та 'Геркулес' – 13,4% (Полісся). Сорти 'Амадей', 'Істр' і 'Novyi SvitanoK' поєднали обидві господарсько-цінні ознаки. Оптимальна температура повітря та висока вирівняність сприяють збільшенню врожайності ячменю ярого. Водночас під час формування високого врожаю в культурі знижується вміст білка в зерні. **Висновки.** У середньому за 2020–2021 рр. вирівняність зерна ячменю ярого становила 92,3% (Степ), 95,4% (Лісостеп) і 93,2% (Полісся); вміст білка в насінні – 11,8% (Степ), 12,4% (Лісостеп) і 11,6% (Полісся). На формування якісних показників насіння ячменю ярого впливали умови вирощування, що склалися у відповідній ґрунтово-кліматичній зоні.

Ключові слова: ячмінь ярий; якість; урожайність; вирівняність зерна; вміст білка; кореляційний аналіз.

Вступ

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) – одна з найдавніших і найпоширеніших економічно важливих культур у світовому сільсько-

му господарстві [1, 2]. Основними елементами, що визначають потенціал урожайності ячменю ярого впродовж вегетаційного періоду, є температура та режим опадів у ключові фази росту та формування врожаю [3, 4–6]. Ця рослина чутлива до затримки сівби та підвищення температури повітря на початку росту, а також у період цвітіння, коли спека понад 28 °С може спричинити зниження врожайності. Водночас виробництву ячменю загрожує збільшення кількості атмосферних опадів за майбутнього теплішого клімату, тому надалі необхідно впроваджувати нові жаро- та повенестійкі сорти [4, 7].

Уміст білка в зерні ячменю визначає його якість [11]. На її поліпшення, а також на підвищення врожайності й реалізацію гене-

Anzhela Kyrylchuk

<https://orcid.org/0000-0003-3948-5810>

Serhii Chukhlieb

<https://orcid.org/0000-0001-9863-6709>

Nataliia Shcherbynina

<https://orcid.org/0000-0003-1599-061X>

Iryna Bezprozvana

<https://orcid.org/0000-0002-4240-7605>

Svitlana Liashenko

<https://orcid.org/0000-0002-6371-230X>

Viktor Shklyar

<https://orcid.org/0000-0002-0812-0627>

тичного потенціалу сортів впливають норма висіву, вологість ґрунту впродовж вегетаційного періоду [12], збалансована система удобрення та застосування регуляторів росту [8–10]. Важливими показниками якості зерна є також маса 1000 насінин і вирівняність [14, 15].

Сорти ячменю, використовувані для продовольчих цілей, повинні мати підвищений вміст білка, а для пивоварних – крохмалю [13].

Для зерна I класу (продовольчі цілі) натура має становити не менше ніж 600 г/л, енергія проростання – 95%. Класифікатором показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення, визначено такі критерії оцінювання: дуже низький показник – уміст білка – < 9,0%, маса 1000 насінин – < 36,0 г, вирівняність зерна – < 76,0%; низький – уміст білка – 9,1–12,0%, маса 1000 насінин – 36,1–40,0 г, вирівняність зерна – 76–80%; середній – уміст білка – 12,1–14,0%, маса 1000 насінин – 40,1–45,0 г, вирівняність зерна – 81–85%; високий – уміст білка – 14,1–17,0%, маса 1000 насінин – 45,1–50,0 г, вирівняність зерна – 86–90%; дуже високий – уміст білка – > 17,0%, маса 1000 насінин – > 50,0 г, вирівняність зерна – > 90,0% [16].

Попри значні успіхи національної селекції не втрачає актуальності подальше вивчення сучасних сортів ячменю різних типів розвитку, що поєднують високий потенціал урожайності та її стабільність за мінливих чинників середовища. Це можливо в разі системного підходу, який полягає у визначенні найбільш лімітуючих у певних екологічних умовах абіотичних та біотичних факторів; оптимізації ефективних підходів до оцінювання сучасних сортів за продуктивністю, якістю зерна та адаптивністю.

Мета досліджень – оцінити якісні показники насіння сучасних сортів ячменю ярого, вирощених у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Матеріали та методика досліджень

Досліджено 16 сортів ячменю звичайного (ярого), внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2021 році. А саме: ‘Амадей’, ‘Світоч Носівський’, ‘Істр’, ‘Novyi Svitanok’, ‘Guzel’, ‘Avus’, ‘Schiwago’, ‘Firefoxx’, ‘LG Belcanto’, ‘Spitfire’, ‘Easy’, ‘Yoda’, ‘Геркулес’, ‘Світоч’, ‘Airway’ та ‘Eastway’. Щоб отримати об’єктивні та достовірні результа-

ти, їх вирощували у рекомендованих зонах, тобто Степу (Дніпропетровська, Луганська та Кіровоградська області), Лісостепу (Вінницька, Сумська та Хмельницька області) та Поліссі (Львівська, Рівненська та Івано-Франківська області).

Польові дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. на дослідних полях філій Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР) відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина» та «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп’яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [17, 18]. Ґрунти дослідних ділянок характерні для відповідної зони вирощування. Їхня облікова площа – 25 м², розміщення рендомізоване, повторність чотириразова.

Погодні умови різнилися між собою протягом років проведення досліджень за температурним режимом і забезпеченням вологою, але загалом відповідали вимогам, необхідним для росту та розвитку ячменю ярого. Впродовж вегетаційного періоду середній показник атмосферних опадів становив 217 мм [від 175 (Степ) до 240 мм (Полісся)], а температура варіювалася в межах 15–20 °С, що сприяло ефективному формуванню та розвитку генеративних органів.

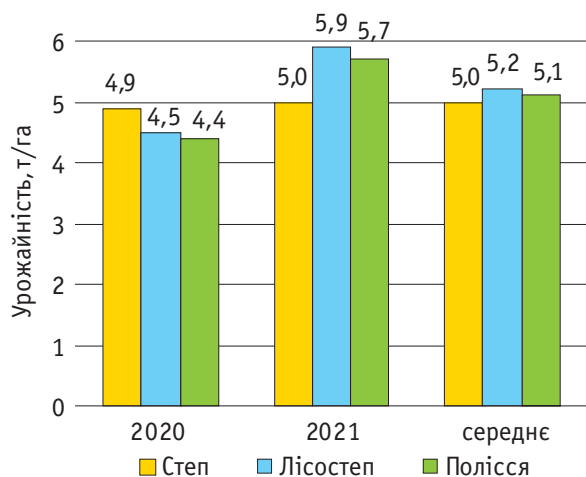
Лабораторні дослідження проводили в лабораторії показників якості сортів рослин УІЕСР за «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [19].

Уміст білка в зерні визначали в наважках масою 500 г у десяти повторностях експрес-методом, використовуючи інфрачервоний аналізатор зерна Infratec 1241 (фірма «FOSS», Данія). Щоб за допомогою розсійників Фогеля «ЯКТА К – 294» встановити вирівняність, проби зерна з масою наважки 100 г у двох повторностях просіювали крізь набір штапованих сит з отворами діаметром 2,3; 2,0 та 1,8 мм. Після закінчення заданого часу з кожного сита зсипали сід у лоток і зважували з точністю до 0,1 г. Результат обчислювали у відсотках як суму сходів двох суміжних найбільших фракцій до наважки (з точністю до 0,1%) [19].

Статистичний аналіз дослідних даних здійснювали методами дисперсійного й кореляційного аналізу та варіаційної статистики польового дослідження за допомогою персонального комп’ютера.

Результати досліджень

Якісні показники ячменю ярого залежали від ґрунтово-кліматичних зон вирощування і умов, що склалися впродовж років дослідження. Середня врожайність у степовій, лісостеповій та поліській зонах становила 5,0;



5,2 та 5,1 т/га відповідно. Її значення у 2021 р., порівнюючи з 2020-м, збільшилися у Степу на 2,0% (від 4,9 до 5,0 т/га – на 0,1 т/га); Лісостепу – майже на 24,0% (від 4,5 до 5,9 т/га – на 1,4 т/га); Поліссі – практично на 23% (від 4,4 до 5,7 т/га – на 1,3 т/га) [20] (рис. 1).

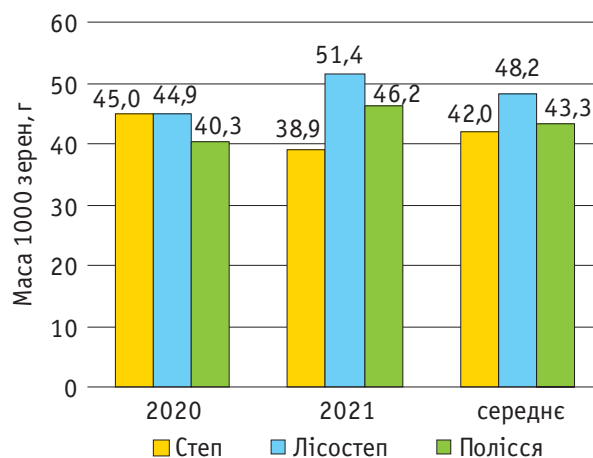


Рис. 1. Урожайність та маса 1000 зерен ячменю ярого у різних ґрунтово-кліматичних зонах (середнє за 2020–2021 рр.)

Максимальні середні показники маси 1000 зерен отримано в сортів, вирощених у лісостеповій зоні – 48,2 г; у поліській і степовій – характерно нижчі – 43,3 та 42,0 г відповідно. Значення 2021 року, порівнюючи з 2020-м, збільшилися на 12,6% у Лісостепу (від 44,9 до 51,4 г – на 6,5 г) та 12,8% (від 40,3 до 46,2 г – на 5,9 г) на Поліссі; зменшилися майже на 14% у Степу (з 45,0 до 38,9 г – на 6,1 г).

Під вирівняністю розуміють ступінь наливу та дозрівання зерна, а також закінченість процесів синтезу речовин, що входять до його складу. Вирівняне зерно характеризується більшим ендоспермом, а тому й вищим вмістом крохмалю; великим технологічним значенням та харчовою цінністю.

Більша вирівняність зерна (для ячменю круп'яного напряму цей показник має становити не менше ніж 85%) сприяє меншим втратам під час переробки та поліпшеній якості отриманого продукту [21, 22].

Середня вирівняність зерна у степовій, лісостеповій і поліській зонах становила – 92,3; 95,4 та 93,2% відповідно (рис. 2). Її значення 2021 року, порівнюючи з 2020-м, збільшилися у Степу на 4,3% (від 90,4 до 94,3% – на 3,9%); Лісостепу – на 4,6% (від 93,3 до 97,6% – на 4,3%), Поліссі – майже на 6,0% (від 90,5 до 95,9% – на 5,1%) – дуже високі, згідно з Класифікатором. У 2020 р. мінімальні показники вирівняності

отримано в зразках з Івано-Франківської (Полісся) та Луганської (Степ) філій УІЕСР – 75,4 та 89,6% відповідно; максимальні – із Сумської та Хмельницької (Лісостеп) – 93,4 та 92,3% (табл. 1). У 2021 р. найнижчі значення спостерігали у зразках зі Львівської (Полісся) та Кіровоградської (Степ) філій – 89,5 та 89,7%; найвищі – з Івано-Франківської (Полісся) та Хмельницької (Лісостеп) – 97,9 та 97,5% [21, 23].

Найбільш вирівняним було зерно сортів 'Avus' – 93,9% (Степ), 'Spitfire' – 93,7% (Степ), 'Novyi Svitanok' – 96,6 (Лісостеп) і 94,5% (Полісся), 'Світоч Носівський' – 96,3% (Лісостеп), 'Амадей' – 93,2% (Полісся); найменше – 'Eastway' – 90,5 (Степ) і 84,0% (Полісся), 'Геркулес' – 92,3% (Лісостеп) (табл. 2).

Загалом, вирівняність зерна сортів ячменю ярого, вирощеного в філіях УІЕСР, що розташовані в різних ґрунтово-кліматичних умовах, коливалася від 86,7 (висока, Полісся) до 95,1% (дуже висока, Лісостеп) та у середньому зросла 2021 року на 5,6% (+5,3%).

Уміст білка – фактор, що визначає якість зерна ячменю ярого. Його максимальні середні показники отримано в сортів, вирощених у лісостеповій зоні – 12,4%; у степовій та поліській – дещо нижчі – 11,8 та 11,6% відповідно (за Класифікатором, зерно низької та середньої якості). Значення 2021

Таблиця 1

Вирівняність зерна та вміст білка в зерні ячменю ярого залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування (середнє за 2020–2021 рр.)

| Філії УІЕСР | Вирівняність, % | | | Уміст білка, % | | |
|---------------------|-----------------|-------------|---------|----------------|-------------|---------|
| | 2020 | 2021 | середнє | 2020 | 2021 | середнє |
| Дніпропетровська | 90,0 | 96,9 | 93,5 | 11,0 | 10,8 | 10,9 |
| Луганська | 89,6 | 96,2 | 92,9 | 13,7 | 11,5 | 12,6 |
| Кіровоградська | 91,6 | 89,7 | 90,7 | 11,1 | 12,6 | 11,9 |
| Вінницька | 94,1 | 96,0 | 95,1 | 11,5 | 12,1 | 11,8 |
| Сумська | 93,4 | 96,1 | 94,8 | 13,9 | 12,9 | 13,4 |
| Хмельницька | 92,3 | 97,5 | 94,9 | 13,0 | 11,0 | 12,0 |
| Львівська | 91,9 | 89,5 | 90,7 | 10,1 | 11,7 | 10,9 |
| Рівненська | 91,2 | 97,4 | 94,3 | 11,0 | 11,1 | 11,1 |
| Івано-Франківська | 75,4 | 97,9 | 86,7 | 13,2 | 12,7 | 13,0 |
| Середнє | 89,9 | 95,2 | 92,6 | 12,1 | 11,8 | 11,9 |
| Sx | 50,8 | 29,4 | 25,1 | 12,6 | 7,1 | 8,2 |
| V% | 6,3 | 3,4 | 3,0 | 11,6 | 6,7 | 7,6 |
| σ | 5,6 | 3,3 | 2,8 | 1,4 | 0,8 | 0,9 |
| НІР _{0,05} | 5,5 | 3,2 | 2,7 | 1,3 | 0,8 | 0,9 |

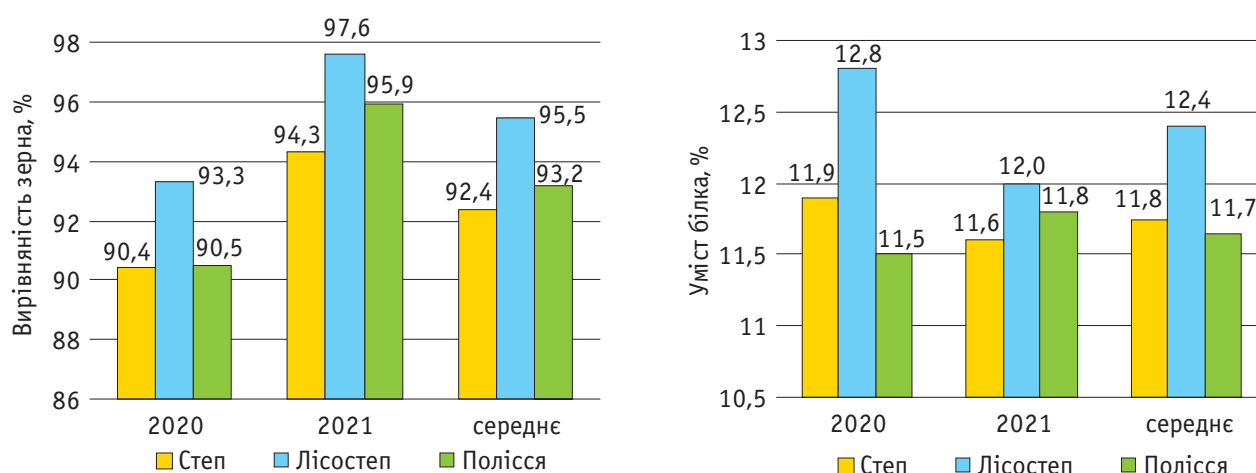


Рис. 2. Вирівняність зерна та вміст білка в зерні ячменю ярого в різних ґрунтово-кліматичних зонах (середнє за 2020–2021 рр.)

року, порівнюючи з 2020-м, збільшилися на 2,6% в Поліссі (від 11,5 до 11,8% – на 0,3%); зменшилися на 2,5% у Степу (з 11,9 до 11,6% – на 0,3%) та 6,2% в Лісостепу (з 12,8 до 12% – на 0,8%).

Мінімальний уміст білка у 2020 р. отримано у зразках зі Львівської (Полісся), Рівненської (Полісся) та Дніпропетровської (Степ) філій УІЕСР – 10,1 та 11,0%; максимальний – із Сумської (Лісостеп) та Луганської (Степ) – 13,9 і 13,7% відповідно. 2021 року найнижчі значення спостерігали у зразках із Дніпропетровської (Степ) та Хмельницької (Полісся) філій – 10,8 та 11,0%; найвищі – з Сумської (Лісостеп) та Івано-Франківської (Полісся) – 12,9 та 12,7% відповідно.

Найбільше білка виявлено в зерні сортів ‘Істр’ – 13,5 (Степ), 13,9 (Лісостеп) та 12,8% (Полісся); ‘Геркулес’ – 13,1 (Степ), 13,4 (По-

лісся) та 13,5% (Лісостеп); ‘Амадей’ – 12,9 (Степ) та 12,8% (Полісся); ‘Novyi Svitanok’ – 12,9 (Степ) та 13,2% (Лісостеп); ‘Світоч’ – 12,8 (Степ) та 13,9% (Лісостеп). Дещо менше – ‘Schiwago’ – від 10,5 (Степ) до 11,4% (Лісостеп); ‘LG Belcanto’ та ‘Yoda’ – по 10,6% (Полісся). Окрім ґрунтово-кліматичних умов, на вищевказані показники вплинула й специфіка сортів.

Загалом, у зерні сортів ячменю ярого, вирощеного в філіях УІЕСР, уміст білка коливався від 10,9 (низький, Степ) до 13,4% (середній, Лісостеп) та у середньому 2021 року знизився на 2,5% (–0,3%).

Одним із найдоступніших способів зниження негативного впливу чинників зовнішнього середовища, що лімітують рівень якості ячменю ярого, є підбір сортів, пластичність та адаптивність яких найбільше відповідають конкретній зоні вирощування.

Таблиця 2

Вирівняність зерна та вміст білка в зерні різних сортів ячменю ярого залежно від ґрунтово-кліматичної зони (середнє за 2020–2021 рр.)

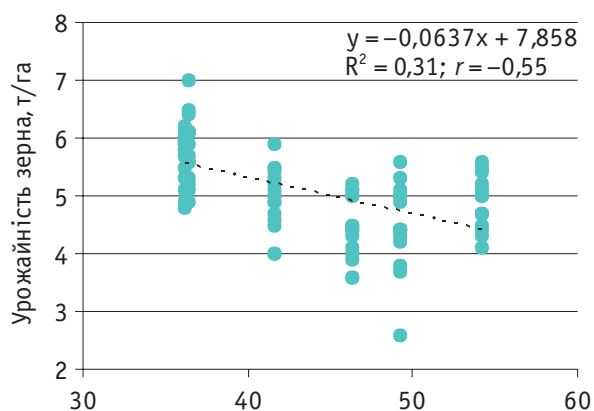
| Сорти | Вирівняність зерна, % | | | Уміст білка, % | | |
|---------------------|-----------------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| | Степ | Лісостеп | Полісся | Степ | Лісостеп | Полісся |
| 'Амадей' | 92,8 | 95,6 | 93,2 | 12,9 | 12,9 | 12,8 |
| 'Світоч Носівський' | 90,6 | 96,3 | 91,9 | 12,5 | 12,8 | 12,7 |
| 'Істр' | 91,0 | 95,6 | 90,9 | 13,5 | 13,9 | 12,8 |
| 'Novyi Svitanok' | 92,9 | 96,6 | 94,5 | 12,9 | 13,2 | 11,5 |
| 'Guzel' | 92,0 | 95,8 | 91,8 | 10,9 | 11,8 | 11,0 |
| 'Avus' | 93,9 | 95,5 | 92,4 | 10,9 | 11,5 | 11,2 |
| 'Schiwago' | 92,5 | 95,0 | 91,4 | 10,5 | 11,4 | 11,3 |
| 'Firefoxx' | 93,1 | 93,0 | 85,9 | 10,6 | 12,4 | 11,2 |
| 'LG Belcanto' | 93,4 | 95,3 | 91,1 | 11,3 | 11,5 | 10,6 |
| 'Spitfire' | 93,7 | 95,4 | 90,9 | 11,2 | 12,0 | 10,9 |
| 'Easy' | 93,1 | 95,3 | 85,5 | 12,1 | 12,4 | 11,7 |
| 'Yoda' | 92,0 | 94,5 | 91,8 | 11,0 | 11,7 | 10,6 |
| 'Геркулес' | 91,5 | 92,3 | 88,7 | 13,1 | 13,5 | 13,4 |
| 'Світоч' | 93,2 | 94,9 | 92,4 | 12,8 | 13,9 | 12,4 |
| 'Airway' | 91,4 | 94,9 | 92,2 | 11,7 | 12,1 | 11,3 |
| 'Eastway' | 90,5 | 92,7 | 84,0 | 10,7 | 11,5 | 11,0 |
| Середнє | 92,3 | 94,9 | 90,5 | 11,8 | 12,4 | 11,6 |
| Sx | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| V% | 1,2 | 1,3 | 3,3 | 8,7 | 7,1 | 7,6 |
| σ | 1,1 | 1,2 | 3,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 |
| HIP _{0,05} | 0,8 | 0,9 | 2,2 | 0,7 | 0,6 | 0,6 |

Цінні сучасні сорти ячменю ярого мають комплекс господарсько-цінних ознак, пластичні й адаптивні до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Зокрема, у процесі досліджень виділено 'Амадей', 'Істр' і 'Novyi Svitanok', які поєднують вирівняність зерна та вміст білка.

Урожайність насіння суттєво залежить від погодних умов [24], які складаються в період вегетації рослин. Продуктивність культури зумовлюється комплексом властивостей і ознак, тому вивчення кореляційних зв'язків між елементами продуктивності та якості допомагає з'ясувати їх вплив на урожайність ячменю ярого. У результаті

експериментів виявлено обернений кореляційний зв'язок між такими змінними, як сума середньої місячної температури в період вегетації культури та врожайність зерна ($r = -0,55$), а також між урожайністю зерна та вмістом білка ($r = -0,4$). Отже, зі збільшенням значення однієї змінної зменшується значення іншої, тобто підвищення врожайності зерна відбувається за оптимальної температури і спричинює зниження вмісту білка (рис. 3, 4).

Кореляційний аналіз залежностей між урожайністю насіння та вирівняністю зерна виявив позитивну тенденцію взаємозв'язку ($r = 0,4$). На графіку видно, що точ-



Сума середньої місячної температури в період вегетації, °C

Рис. 3. Діаграма розсіювання та залежність урожайності зерна від суми середньої місячної температури в період вегетації

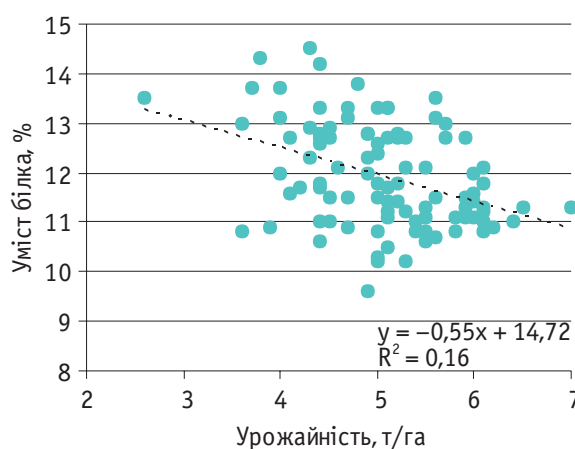


Рис. 4. Діаграма розсіювання та залежність вмісту білка в насінні від урожайності зерна

ки розсіювання та залежність вмісту білка в зерні від вирівняності насіння досить сильно розкидані, і частина їх розташована поза зоною довіри, коефіцієнт кореля-

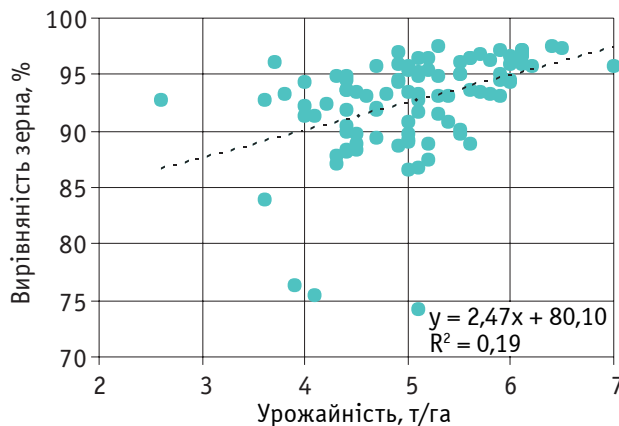


Рис. 5. Діаграма розсіювання та залежність урожайності зерна від вирівняності насіння

Отже, зі збільшенням значення однієї змінної збільшується значення іншої, тобто за підвищення врожайності насіння підвищується вирівняність зерна і, відповідно, кількість білка в ньому.

Висновки

Якісні показники насіння ячменю ярого залежать від ґрунтово-кліматичних зон і умов вирощування.

2021 року завдяки сприятливим метеорологічним факторам періоду вегетації вдалося збільшити, порівнюючи з 2020 р., значення вирівняності зерна на 4,3% у Степу, 4,6% в Лісостепу та майже на 6,0% у Поліссі. Підвищення вмісту білка того ж року виявлено лише в поліській зоні – на 2,6%.

Загалом, вирівняність зерна сортів ячменю ярого, вирощеного в філіях УІЕСР, що розташовані в різних ґрунтово-кліматичних зонах, впродовж 2020–2021 рр. коливалася від 86,7 (висока, зона Полісся) до 95,1% (дуже висока, зона Лісостепу) та в середньому зросла на 5,6%.

Уміст білка варіювався від 10,9 (низький, зона Степу) до 13,4% (середній, зона Лісостепу) та у середньому 2021 року знизився на 2,5%.

Сорти ‘Амадей’, ‘Істр’ та ‘Novyi Svitank’ поєднали господарсько-цінні ознаки вирівняності зерна та вмісту білка.

Підвищенню врожайності сприяють оптимальна температура повітря та більш вирівняне зерно. За формування високого врожаю в культурі знижується вміст білка в зерні.

ції (r) дорівнює 0,12. За довірчого рівня $< 0,05$ цей коефіцієнт статистично достовірний. Рівень достовірності відповідає 95% (рис. 5, 6).

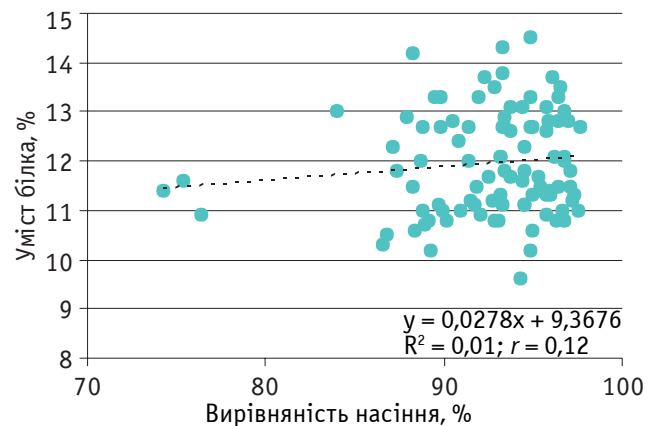


Рис. 6. Діаграма розсіювання та залежність вмісту білка в зерні від вирівняності насіння

Використана література

- Fang Y., Zhang X., Xue D. Genetic analysis and molecular breeding applications of malting quality QTLs in barley. *Frontiers in Genetics*. 2019. Vol. 10. Article 352. doi: 10.3389/fgene.2019.00352
- Ramakrishna R., Sarkar D., Schwarz P., Shetty K. Phenolic linked anti-hyperglycemic bioactives of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars as nutraceuticals targeting type 2 diabetes. *Industrial Crops and Products*. 2017. Vol. 107. P. 509–517. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.03.033
- Tokhetova L. A., Umirzakov S. I., Nuryanova R. D. et al. Analysis of Economic-Biological Traits of Hull-Less Barley and Creation of Source Material for Resistance to Environmental Stress Factors. *International Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 2020. Article 8847753. doi: 10.1155/2020/8847753
- Hakala K., Jauhiainen L., Rajala A. A. et al. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. *Field Crops Research*. 2020. Vol. 259. Article 107956. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107956
- Rötter R. P., Palosuo T., Pirttioja N. K. et al. What would happen to barley production in Finland if global warming exceeded 4 °C? A model-based assessment. *European Journal of Agronomy*. 2011. Vol. 35, Iss. 4. P. 205–214. doi: 10.1016/j.eja.2011.06.003
- Verma S., Yashveer S., Rehman S. et al. Genetic and Agro-morphological diversity in global barley (*Hordeum vulgare* L.) collection at ICARDA. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2021. Vol. 68, Iss. 4. P. 1315–1330. doi: 10.1007/s10722-020-01063-7
- Kassie M. M., Awoke Y., Demesie Z. Evaluation of barley (*Hordeum distichon* L.) genotypes for grain yield and malting quality parameters at Koga Irrigation in Western Amhara Region. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2018. Vol. 12, Iss. 1. P. 13–18. doi: 10.3923/ijpb.2018.13.18
- Hansen P. M., Jørgensen J. R., Thomsen A. Predicting grain yield and protein content in winter wheat and spring barley using repeated canopy reflectance measurements and partial least squares regression. *The Journal of Agricultural Science*. 2002. Vol. 139, Iss. 3. P. 307–318. doi: 10.1017/S0021859602002320
- Гораш О. С., Климишена П. І. Вплив позакореневого підживлення рослин пивоварного ячменю на вміст білка в зерні. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 28–34. doi: 10.31073/agrovisnyk202004-04
- Birch C. G., Long K. E. Effect of nitrogen on the growth, yield and grain protein content of barley (*Hordeum vulgare*). *Austra-*

- lian *Journal of Experimental Agriculture*. 1990. Vol. 30, Iss. 2. P. 237–242. doi: 10.1071/EA9900237
11. Yu W., Tan X., Zou W. et al. Relationships between protein content, starch molecular structure and grain size in barley. *Carbohydrate Polymers*. 2017. Vol. 155. P. 271–279. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.08.078
 12. Khokonova M. B., Adzhieva A. A. Photosynthetic activity of spring barley plants depending on moisture provision. *Amazonia Investiga*. 2019. Vol. 8, Iss. 23. P. 96–100. URL: <http://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/853>
 13. Sterna V., Bleidere M., Sabovics M. et al. Improving nutritional value of products with flour of the hullless barley cultivar 'Kornelija' as an ingredient. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2021. Vol. 108, Iss. 1. P. 43–50. doi: 10.13080/z-a.2021.108.006
 14. Newman R. K., Newman C. W. *Barley for food and health – science, technology and products*. New York, NY : John Wiley & Sons, 2009. 260 p.
 15. Narwal S., Kumar D., Sheoran S. et al. Hullless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat products. *Journal of Food Science and Tehnology*. 2017. Vol. 54, Iss. 9. P. 2638–2644. doi: 10.1007/s13197-017-2669-6
 16. Класифікатор показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення. Вінниця : Твори, 2019. 16 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/vidanna/2019/1.pdf>
 17. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С. О. Ткачик. 4-те вид., пер. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 120 с.
 18. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf>
 19. Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид. пер. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 159 с.
 20. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах / Державна служба статистики України. Київ, 2023. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
 21. Соц С. М., Чумаченко Ю. Д., Кустов І. О., Кузьменко Ю. Я. Зерно голозерного вівса та голозерного ячменю. Особливості технологічних властивостей зерна. *Наукові праці*. 2020. Т. 84, Вип. 2. С. 5–9 doi: 10.15673/swonaft.v2i84.1879
 22. Öztürk I. Оцінка впливу навколишнього середовища на елементи врожайності у генотипів ячменю (*Hordeum vulgare* L.) в умовах зрошення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Вип. 30. С. 6–14. doi: 10.47414/nr.30.2022.268939
 23. Шкатула Ю. М., Козаченко М. І. Оптимізація технологічних прийомів вирощування ячменю озимого в умовах дослідного поля ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 22. С. 56–71. doi: 10.37128/2707-5826-2021-3-5
 24. Присяжнюк Л. М., Хоменко Т. М., Ляшенко С. О., Мельник С. І. Показники продуктивності нових сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від факторів вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2022. Т. 18, № 4. С. 273–282. doi: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273989
 - tes. *Industrial Crops and Products*, 107, 509–517. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.03.033
 3. Tokhetova, L. A., Umirzakov, S. I., Nurymova, R. D., Daizhanova, B. K., & Akhmedova, G. B. (2020). Analysis of Economic-Biological Traits of Hull-Less Barley and Creation of Source Material for Resistance to Environmental Stress Factors. *International Journal of Agronomy*, 2020, Article 8847753. doi: 10.1155/2020/8847753
 4. Hakala, K., Jauhiainen, L., Rajala, A. A., Jalli, M., Kujala, M., & Laine, A. (2020). Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. *Field Crops Research*, 259, Article 107956. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107956
 5. Rötter, R. P., Palosuo T., Pirttioja, N. K., Dubrovsky, M., Salo, T., Fronzek, S., ... Carter, T. R. (2011). What would happen to barley production in Finland if global warming exceeded 4 °C? A model-based assessment. *European Journal of Agronomy*, 35(4), 205–214. doi: 10/1016/j.eja.2011/06/003
 6. Verma, S., Yashveer, S., Rehman, S., Gyawali, S., Kumar, Y., Chao, S., ... Verma, R. P. S. (2021). Genetic and Agro-morphological diversity in global barley (*Hordeum vulgare* L.) collection at ICARDA. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(4), 1315–1330. doi: 10.1007/s10722-020-01063-7
 7. Kassie, M. M., Awoke, Y., & Demesie, Z. (2018). Evaluation of barley (*Hordeum distichon* L.) genotypes for grain yield and malting quality parameters at Koga Irrigation in Western Amhara Region. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 12(1), 13–18. doi: 10.3923/ijpb.2018.13.18
 8. Hansen, P. M., Jørgensen, J. R., & Thomsen, A. (2002). Predicting grain yield and protein content in winter wheat and spring barley using repeated canopy reflectance measurements and partial least squares regression. *The Journal of Agricultural Science*, 139(3), 307–318. doi: 10.1017/S0021859602002320
 9. Horash, O. S., & Klymyshena, R. I. (2020). The effect of foliar fertilization of malting barley plants on the protein content of grain. *Bulletin of Agrarian Science*, 4, 28–34. doi: 10.31073/agrovisnyk202004-04 [In Ukrainian]
 10. Birch, C. G., & Long, K. E. (1990). Effect of nitrogen on the growth, yield and grain protein content of barley (*Hordeum vulgare*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 30(2), 237–242. doi: 10.1071/EA9900237
 11. Yu, W., Tan, X., Zou, W., Hu, Z., Fox, G. P., Gidley, M. J., & Gilbert, R. G. (2017). Relationships between protein content, starch molecular structure and grain size in barley. *Carbohydrate Polymers*, 155, 271–279. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.08.078
 12. Khokonova, M. B., & Adzhieva, A. A. (2019). Photosynthetic activity of spring barley plants depending on moisture provision. *Amazonia Investiga*, 8(23), 96–100. Retrieved from <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/853>
 13. Sterna, V., Bleidere, M., Sabovics, M., Auzins, A., Leimane, I., & Krievina, A. (2021). Improving nutritional value of products with flour of the hullless barley cultivar 'Kornelija' as an ingredient. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108(1), 43–50. doi: 10.13080/z-a.2021.108.006
 14. Newman, R. K., & Newman, C. W. (2009). *Barley for food and health – science, technology and products*. New York, NY: John Wiley & Sons
 15. Narwal, S., Kumar, D., Sheoran, S., Verma, R. P. S., & Gupta, K. R. (2017). Hullless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat products. *Journal of Food Science and Tehnology*, 54(9), 2638–2644. doi: 10.1007/s13197-017-2669-6
 16. *Klasyfikator pokaznykiv yakosti botanichnykh taksoniv, sorty yakyykh prokhodiat ekspertyzu na prydatnist do poshyrennia* [Classifier of quality indicators of botanical taxa, the varieties of which undergo examination for suitability for distribution]. (2019). Vinnytsia: Tvory. Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/vidanna/2019/1.pdf> [In Ukrainian]

References

1. Fang, Y., Zhang, X., & Xue, D. (2019). Genetic analysis and molecular breeding applications of malting quality QTLs in barley. *Frontiers in Genetics*, 10, Article 352. doi: 10.3389/fgene.2019.00352
2. Ramakrishna, R., Sarkar, D., Schwarz, P., & Shetty, K. (2017). Phenolic linked anti-hyperglycemic bioactives of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars as nutraceuticals targeting type 2 diabe-

17. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part] (3rd ed., rev.). Vinnytsia: Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
18. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia: Korzun D. Yu. from <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> [In Ukrainian]
19. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2017). *Metodyky provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methods of conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators] (3rd ed., rev.). Vinnytsia: Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
20. State Statistics Service of Ukraine. (2023). *Ploshchi, valovi zbory ta urozhainist silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy ta po rehionakh* [Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops by their types and by regions]. Kyiv: N.p. Retrieved April 26, 2023, from <https://www.ukrstat.gov.ua/> [In Ukrainian]
21. Sots, S., Chumachenko, Y., Kustov, I., & Kuzmenko, Y. (2020). Grain of naked oats and naked barley. Features of technological properties of grain. *Scientific Works*, 84(2), 5–9. doi: 10.15673/swonaft.v2i84.1879 [In Ukrainian]
22. Öztürk, İ. (2022). Assessment of environment effect on yield component in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under rainfed conditions. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 6–14. doi: 10.47414/np.30.2022.268939
23. Shcatula, Y. M., & Kozachenko, M. I. (2021). Optimization of technological methods of cultivation of winter barley in conditions experimental field VNAU. *Agriculture and Forestry*, 22(3), 56–71. doi: 10.37128/2707-5826-2021-3-5 [In Ukrainian]
24. Prysiazhniuk, L. M., Khomenko, T. M., Liashenko, S. O., & Melnyk, S. I. (2022). Productivity indicators of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on growing factors. *Plant Varieties Studying and Protection*, 18(4), 273–282. doi: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273989 [In Ukrainian]

UDC 633.16:631.52

Kyrylchuk, A. M.*, **Chukhleb, C. L.**, **Shcherbynina, N. P.**, **Bezprozvana, I. V.**, **Liashenko, S. O.**, & **Shkliar, V. D.** (2023). Qualitative indicators of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.) under different growing conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(2), 110–117. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.2.2023.282554>

*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com*

Purpose. To evaluate the quality indicators of spring barley seeds grown under different soil and climatic conditions. **Methods.** Laboratory, calculation and statistical methods were used during the research, analysis and synthesis methods were used to draw conclusions. **Results.** As a result of research, the dependence of spring barley quality indicators, namely: grain uniformity and protein content, on soil and climatic zones and growing conditions was revealed. Thus, grain uniformity ranged from 86.7% (high, Polissia) to 95.1% (very high, Forest Steppe) in the different test years. In 2021, thanks to favorable meteorological conditions during the growing season, its indicators increased by 4.3% in the Steppe, 4.6% in the Forest Steppe and almost 6.0% in Polissia compared to 2020. On average, the uniformity of grain grown in different branches of UIPVE increased by 5.6%. The maximum values were obtained for the varieties 'Avus' – 93.9% (Steppe), 'Novyi Svitanok' – 94.5–96.6% (Polissia, Forest Steppe). Depending on the soil and climate zone and the year of the experiment, the protein content in the grain varied from

10.9 (low, Steppe) to 13.4% (medium, Forest Steppe). On average, this indicator decreased by 2.5% in 2021 compared to 2020, and only in the Polissia zone it increased by 2.6%. The highest protein content was found in the varieties 'Istr' – 13.5–13.9% (Steppe and Forest Steppe) and 'Hercules' – 13.4% (Polissia). The varieties 'Amadei', 'Istr' and 'Novyi Svitanok' combined both economic and valuable traits. Optimum air temperature and high grain uniformity contribute to increasing the yield of spring barley. At the same time, during the formation of a high yield in the culture, the protein content in the grain decreases. **Conclusions.** It was revealed that, on average, in 2020–2021, the uniformity of spring barley grain was 92.3% (Steppe), 95.4% (Forest Steppe) and 93.2% (Polissia); the protein content in the grains was 11.8% (Steppe), 12.4% (Forest Steppe) and 11.6% (Polissia). The formation of quality indicators of spring barley seeds was influenced by the growing conditions in the relevant soil and climatic zone.

Keywords: *spring barley; quality; crop capacity; grain uniformity; protein content; correlational analysis.*

Надійшла / Received 09.05.2023
Погоджено до друку / Accepted 26.05.2023