



Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 633.16:631.527

© 2023

ГОЛОЗЕРНІ СОРТИ ЯЧМЕНЮ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Н.І. Васько¹, М.Р. Козаченко², П.М. Солонечний³,
О.Г. Наумов⁴, О.В. Зимогляд⁵, Є.О. Михайленко⁶

^{1,2}доктори сільськогосподарських наук
^{3,4}кандидати сільськогосподарських наук
⁵PhD (доктор філософії)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН
просп. Героїв Харкова, 142, Харків, 61060, Україна

e-mail: ¹nvasko1964@gmail.com, ²yuriev1908@gmail.com, ³pashabarley86@gmail.com,
⁴alnaum@ukr.net, ⁵zemazema0077@gmail.com, ⁶evgeniiron@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-2421-1625, ²0000-0002-0770-1817, ³0000-0001-7652-9419,
⁴0000-0002-0092-1251, ⁵0000-0002-2957-6092, ⁶0000-0009-0003-6534-6782

Надійшла 6.07.2023

Мета. Створити сорти голозерного ячменю харчового напрямку для забезпечення населення достатньою кількістю корисних і доступних продуктів харчування. **Методи.** Сорти та лінії створено методом внутрішньовидової гібридизації, вихідним матеріалом були колекційні зразки Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Досліди закладено за методикою кваліфікаційної експертизи. Істотність відмінностей визначали в програмі STATISTICA 10. Уміст білка та крохмалю в зерні встановлено на ІнфралЮМ ФТ-10М 09495, перетравність білка визначали за методикою О. Покровського, І. Єртанова [1965]. Загальну антиоксидантну активність оцінювали за здатністю спиртових екстрактів нейтралізувати радикал DPPH. Уміст фенольних сполук визначали колориметричним методом, олії — гравіметричним методом, жирнокислотний склад — на газовому хроматографі. **Результати.** Досліджено вихідний матеріал за якісними характеристиками, виділено джерела високого рівня цінних ознак: ω-3 ліноленої кислоти — сорт Гатунок, олії — сорти Явір, CDC Alamo, лінія Віолет 18-1207, антиоксидантної активності — сорти CDC Alamo, Richard, Mebere, CDC Candle, Явір, фенольних сполук — сорти CDC Alamo, Mebere, Рондо, Richard, лінія Віолет 18-1207. Результатом багаторічних досліджень стало створення сортів голозерного ячменю Явір, Орлан, Обрій і Рондо. **Висновки.** Селекція голозерних сортів ячменю є перспективною для України, оскільки їх впровадження у виробництво забезпечить населення поживними та економічно доступними продуктами харчування. Можливе створення та впровадження голозерних сортів із кольоровим зерном як нішевої культури для виробництва продукції спеціального призначення — дієтичного та дитячого харчування. Голо-

**зерні сорти ячменю селекції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН
Явір та Орлан рекомендовані виробникам для вирощування в Україні.**

Ключові слова: антиоксидантна активність, фенольні сполуки, функціональне харчування, перетравність білка, ваху крохмаль, олія, ω -3 ліноленова кислота

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-05>

Ячмінь здавна мав велику цінність як харчова культура й останнім часом набув популярності в розвинутих країнах — Канаді, США, Австралії, Фінляндії, Швеції, Данії, Франції тощо [1]. У 2006 р. за твердженням Адміністрації США з питань харчів і лікарських засобів (US FDA), зерно ячменю належить до продуктів, які знижують ризик коронарної хвороби серця, тобто продуктів функціонального харчування. Термін «продукт функціонального харчування» з'явився в Японії ще в середині 80-х років минулого століття. Так називали продукт, який мав лікувально-профілактичний вплив на людський організм і забезпечував нормальне фізіологічне функціонування систем людини [2–4].

Харчові сорти ячменю мають відповідати особливим вимогам — високим: умісту білка (>13%) з хорошою перетравністю, умісту крохмалю (>60%) зі звичайним або змінним складом — високоамілозному (high amylose) або амілопектиновому (waxy), антиоксидантній активності, олії з високим умістом поліненасичених жирних кислот (ω -3 ліноленової не менше 5,5%), умісту дієтичної клітковини, β -глюканів, фенольних сполук та інших антиоксидантів, що є дуже важливим для виготовлення дієтичної продукції. Ячмінь використовують для виробництва продуктів харчування в чистому вигляді і в суміші з іншими культурами [5–9].

Цінність харчового ячменю визнали учасники симпозиуму ICARDA, тому було наголошено на необхідності створення внутрішніх і міжнародних мереж його дослідження, а також підготовлено глобальний проєкт по харчовому ячменю з такими складовими: збір вихідної інформації, заповнення «білих плям»; розведення місцевих сортів харчового ячменю для забезпечення якості та стабільної продуктивності; створення оптимального управління рослинництвом для стабільного виробництва; поліпшення зберігання сировини та збагачення

харчового раціону на основі ячменю; розвиток дрібного фермерського виробництва харчового ячменю; удосконалення насінництва та розмноження [10, 11].

Отже, зерно ячменю, особливо голозерного та зі змінним складом крохмалю, є цінним харчовим продуктом, здатним поліпшити фізіологічний стан людини.

Мета досліджень — створити та впровадити у виробництво сорти голозерного ячменю харчового напряму використання для забезпечення населення достатньою кількістю корисних і доступних продуктів харчування.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено в межах селекційного процесу лабораторії селекції та генетики ячменю Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН упродовж 2010–2023 рр. У досліді із сортовипробування було досліджено оригінальні голозерні сорти Явір, Обрій, Орлан і перспективні голозерні лінії, зокрема з кольоровим зерном. Сорти та лінії створено методом внутрішньовидової гібридизації, вихідним матеріалом були колекційні зразки, надані Національним центром генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ), та сорти вітчизняної і зарубіжної селекції (Канади, США, Чехії, Німеччини та ін.).

Досліді із сортовипробування було складено за методикою кваліфікаційної експертизи [12].

Істотність відмінностей між варіантами визначали за допомогою дисперсійного аналізу, апостеріорне порівняння — за однорідними групами за критерієм Фішера в програмі STATISTICA 10. Уміст білка та крохмалю в зерні — на ІнфраліОМ ФТ-10М 09495. Перетравність білка — у лабораторії медико-біологічних проблем технології харчових продуктів на кафедрі хімії, мікробіології та харчування Харківського державного університету харчування та торгівлі. Аналіз здатності білка до перетравлення

протеолітичними ферментами в системі *in vitro* проведено на основі методики О. Покровського та І. Єртанова [1965].

Склоподібність визначали на діафаноскопі в 2-х повтореннях по 50 зерен. До кількості склоподібних зерен додавали половину напівсклоподібних, суму виражали у відсотках до загальної кількості досліджуваних зерен. Загальну антиоксидантну активність (АОА) зразків ячменю оцінювали за здатністю спиртових екстрактів нейтралізувати радикал DPPH• (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Визначення антирадикальної активності проводили методом, описаним у праці [13].

Уміст фенольних сполук у зерні зразків ячменю визначали колориметричним методом із використанням реактиву Фоліна-Чіокалтеу (Folin-Ciocalteu) [14, 15]. Уміст олії — за вагою сухого знежиреного залишку за модифікованою методикою С.В. Рушковського (гравіметричний метод) [Прохорова М.І., 1972]. Аналіз жирнокислотного складу олії здійснювали методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот на газовому хроматографі «Селміхром-1».

Результати досліджень. У системі пребридингу було досліджено вихідний матеріал за якісними характеристиками. Батьківськими компонентами в гібридизації були зразки з кращими властивостями. Зокрема, враховували врожайність і стійкість до біо- та абіотичних чинників, показники структурних елементів продуктивності, з якісних характеристик — уміст та якість білка, крохмалю, олії, різних фітонутрієнтів і рівень антиоксидантної активності.

У результаті батьківськими компонентами було визначено сорти ячменю плівчастого Парнас, Ратник і голозерного CDC Alamo, Richard, Омський голозерний 1, Mebere, CDC Candle, CDC Hilose, Явір, Ахіллес, Гатунок.

Сорти Парнас, Явір та Омський голозерний 1 відзначалися високим умістом білка (12,7%, 14,2 та 14,5% відповідно). За результатами аналізу здатності білка до перетравлення протеолітичними ферментами було встановлено, що білок сортів Парнас та Явір характеризується дуже високою перетравністю (69,80–74,20 мг/г). Особливо високими є показники трипсинолізу (54,60–48,70 мг/г) [16]. Сорти з такими показниками є дуже цінними для селекції

харчових сортів для виробництва дієтичної продукції. Для порівняння — перетравність білка пшениці сорту Досконала становить 53,9 мг, трипсиноліз — 36,85 тирозину на 1 г білка.

Одним із важливих напрямів селекції ячменю є створення сортів із крохмалем ваху, який на 95–100% складається з амілопектину. Такі сорти придатні для виробництва продуктів функціонального харчування, оскільки мають високу антиоксидантну здатність. З 2011 р. джерелами мутації ваху було взято голозерні сорти канадської селекції CDC Alamo, CDC Candle та Mebere. Також важливою складовою харчової цінності зерна ячменю є вміст олії та її жирнокислотний склад. У зерні ячменю вміст олії дуже низький (майже 3%), тому ця ознака характеризується дуже низькою мінливістю і селекція за нею непопулярна серед науковців. Інтерес становить не вміст, а склад олії, яка дуже багата на поліненасичену ω -3 ліноленову кислоту, що є потужним антиоксидантом.

У наших дослідженнях було виділено сорти з відносно високим умістом олії — Явір (3,08%) і CDC Alamo (3,04%). Щодо жирнокислотного складу олії, то високий уміст ω -3 ліноленової кислоти встановлено в сортів Ратник (6,28%), Гатунок (6,23), Парнас (6,11), Омський голозерний 1 (6,11); високий уміст лінолевої кислоти був у сортів Гатунок (55,01), CDC Candle (54,80); олеїнової — CDC Alamo (18,55), Ахіллес (18,44), Richard (18,38), CDC Candle (16,77%).

Ячмінь є одним із найбагатших джерел фенольних сполук серед зернових, тому має унікальні дієтичні властивості. Проте вся антиоксидантна активність (АОА) цих сполук зосереджена в периферійних шарах зернівки. При виготовленні продуктів із плівчастого ячменю під час шліфування із зерна видаляється частина цінних для здоров'я нутрієнтів, тому дедалі більшу увагу виробників привертає голозерний ячмінь. У дослідженнях 2015–2017 рр. було виділено та створено сорти ячменю та вихідний матеріал з високою антиоксидантною активністю, придатні для виробництва продуктів харчування. Найвищою АОА була в сортів CDC Alamo (3,46 мг/г за еквівалентом хлорогенової кислоти), Richard, Mebere (2,99), CDC Candle, Явір (2,96 мг/г) [17]. За високим

умістом фенольних сполук у 2016–2017 рр. виділили сорти CDC Alamo (0,94 мг/г за еквівалентом галової кислоти), Омський голозерний 1 (0,91), Mebere (0,89), у 2021–2022 рр. — лінію Віолет 18-1207 var. *nudidubium* (1,04), сорти CDC Alamo (0,94), Рондо, Mebere (0,89), Richard (0,85) та Явір (0,81 мг/г). Нами встановлено, що ранжування сортів за рівнем фенольних сполук майже не змінюється, за винятком включення в дослідження нових зразків, тобто вміст фенольних сполук залежить від генотипу.

У дослідженнях 2016–2023 рр. у селекційний процес було включено голозерні зразки ячменю не лише жовтозерні, а й з кольоровим зерном (табл. 1).

Метою селекції ячменю з кольоровим зерном в Україні є біофортифікація харчової цінності зерна, оскільки високий вміст поліфенолів має високу антиоксидантну активність, інгібує α -глюкозидазу. Тому кольоровий

ячмінь може бути потужним антиоксидантом і гіпоглікемічним продуктом [18–21]. Прикладом цього є створена в інституті лінія Віолет 18-1207 різновиду *nudidubium*. Усі рослини цієї лінії мають яскраве фіолетове забарвлення, зерно містить дуже велику кількість антоціанінів, крохмалю та олії. У селекційному процесі вона може бути джерелом цих властивостей.

Результатом багаторічних досліджень стало створення сортів голозерного ячменю різновиду *nudum* Явір, Орлан, Обрій та Рондо.

Явір. Селекційна лінія 13-728. Сорт створено методом гібридизації Парнас \times Омський голозерний 1. У конкурсному випробуванні інституту врожайність зерна сорту Явір досягала 98% від стандарту Взірєць, що з урахуванням відсутності плівок є високим показником. Середня врожайність становила 4,55 т/га, максимальна — 5,52 т/га у 2017 р. Уміст білка

1. Вихідний матеріал для пре-бридингу та гібридизації (2016–2023 рр.)

Зразок	Різновид	Походження	Особливості
CDC Alamo	<i>Nudum</i>	CDC, Canada	Ваху крохмаль, дуже висока загальна антиоксидантна активність (АОА), високий вміст β -глюканів, олії та фенольних сполук
Mebere	<i>Nudum</i>	AAFC, Canada	Ваху крохмаль, зерно округлої форми, високі АОА, вміст олії та фенольних сполук
CDC Hilose	<i>Nudum</i>	CDC, Canada	High amylose, дуже високий вміст олії (понад 4,70%), дуже довгий колос (> 10 см)
Явір	<i>Nudum</i>	Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН	Високі вміст олії, АОА та вміст фенольних сполук
Ґатунок	<i>Nudum</i>	Інститут сільського господарства Степу НААН	Високий вміст поліненасиченої ω -3 ліноленової кислоти
Рондо	<i>Nudum</i>	Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН	Високий вміст фенольних сполук, кругле зерно
UA 5462	<i>Daghestanicum</i>	—	Сіро-зелене зерно, довгий колос, дуже високий вміст крохмалю (понад 65%) та олії
UA 0663	<i>Viride</i>	—	Зелене зерно, дуже високий вміст білка (понад 17%)
UA 0989	<i>Violaceum</i>	—	Фіолетове зерно, високий вміст антоціанінів
Віолет 18-1207	<i>Nudidubium</i>	Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН	Фіолетове зерно, дуже високий вміст крохмалю (понад 66%), олії та антоціанінів
Jet	<i>Nigrinudum</i>	Ефіопія	Чорне зерно, посухостійкий
UA 0645	<i>Nudimelanocrithum</i>	—	Чорне зерно, еректоїд, дуже високий вміст білка (понад 17%)

2. Результати польових досліджень кваліфікаційної експертизи сортів Українського інституту експертизи сортів рослин на придатність до поширення

Зона	Урожайність		Висота рослини, см	Веgetаційний період, дiб	Маса 1000 зерен, г	Стійкість до, бал.				
	т/га	% до умовного стандарту				вильягання	посухи	борошністої роси	гельмінто-спорозів	сажки
<i>Явір</i>										
Полісся	2,56	70	60	81	52,4	9	9	7	7	9
Лісостеп	5,97	142	53	74	56,4	9	9	8	8	9
Степ	1,33	48	51	87	43,6	9	9	9	9	9
<i>Орлан</i>										
Полісся	4,58	109	73	84	47,0	6	8	6	6	9
Лісостеп	6,58	162	50	76	47,7	7	9	9	8	9
Степ	4,68	107	65	73	46,5	9	5	7	5	9

в зерні — 14,20%, крохмалю — 62,59%. Сорт середньостиглий, вегетативний період — 84 доби, що на 3 доби менше, ніж у стандарту. Стійкість до вильягання — 8,1–8,7 бал. (стандарт Взірець — 8,5–9,0 бал.). Склоподібність ендосперму — 95%. Антиоксидантна активність висока — 2,96 мг/г за еквівалентом хлорогенової кислоти, що є дуже цінним для виготовлення продукції здорового харчування.

Орлан. Сорт (селекційна лінія 15-1289) створено методом гібридизації сортів Омський голозерний 1 × Парнас. Середньостиглий, у конкурсному випробуванні інституту середня врожайність становила 5,00 т/га (108% до стандарту). Уміст білка в зерні — 13,33%, крохмалю — 68,36%. Склоподібність ендосперму висока — 90%. Маса 1000 зерен — 42,0 г. Стійкий до вильягання — 8,5 бал., висота рослин — 68 см. Сорт придатний для виготовлення продукції здорового харчування.

Обрій. Сорт (селекційна лінія 13-1000) створено методом гібридизації сортів Взірець × Омський голозерний 1. У конкурсному випробуванні інституту врожайність зерна сорту Обрій досягала 97% від стандарту Взірець, що з урахуванням відсутності плівок є високим показником. Середня врожайність становила 5,24 т/га, максимальна — 5,72 т/га у 2017 р. Уміст білка в зерні — 13,33%, крохмалю — 68,36%. Сорт середньостиглий, вегетативний період —

84 доби, що на 2 доби менше, ніж у стандарту. Стійкість до вильягання — 8,1–8,7 бал. (Взірець — 8,5–9,0 балів). Має високу загальну антиоксидантну активність, придатний для виготовлення продукції здорового харчування

Рондо. Сорт (селекційна лінія 17-1798) створено методом гібридизації сортів Ратник × Омський голозерний 1. Рослини світло-зеленого кольору, без воскового нальоту. Середньостиглий, урожайність — 4,68–5,22 т/га, що становить 87–100% до стандарту. Низькорослий — висота рослин 65–75 см, стійкий до вильягання — 7,5–8,5 бал. Зерно округлої форми, крупне, маса 1000 зерен — 50 г. Ці властивості є дуже корисними для переробної промисловості. Натура зерна — 730–740 г/л. Уміст білка у зерні — 14,00–15,05%, крохмалю — 61,18–61,78, олії — 3,05%, фенольних сполук — 0,89 мг/г за еквівалентом галової кислоти. Дуже стійкий до ураження кам'яною сажкою (9 бал.), іржею (8), середньостійкий до гельмінтоспорозів (5) та пошкодження злаковими мухами (6 бал.).

Сорти Явір, Обрій, Орлан та Рондо було передано на кваліфікаційну експертизу, одержано результати попередніх випробувань (табл. 2).

За результатами експертизи, сорт Явір придатний для вирощування в зоні Лісостепу, сорт Орлан — у всіх природно-кліматичних зонах України.

Висновки

Селекція голозерних сортів ячменю є перспективною для України, оскільки впровадження таких сортів у сільськогосподарське виробництво забезпечить населення поживними, функціонально корисними та економічно доступними продуктами харчування.

Можливе створення та впровадження у виробництво голозерних сортів ячменю з кольоровим зерном як нішевої культури для виробництва обмеженої кількості харчової продукції спеціального призначення — дієтичного та дитячого харчування.

Для селекції голозерного ячменю джерелами високого вмісту поліненасиченої ω -3 ліноленової кислоти є сорт Гатунок; олії — сорти Явір, CDC Alamo, лінія Віолет 18-1207; високої антиоксидантної активності — сорти CDC Alamo, Richard, Mebere, CDC Candle, Явір; високого вмісту фенольних сполук — сорти CDC Alamo, Mebere, Рондо, Richard, лінія Віолет 18-1207.

Голозерні сорти ячменю селекції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН Явір та Орлан придатні для вирощування в Україні та рекомендовані виробникам з метою широкого впровадження.

Vasko N.¹, Kozachenko M.², Solonechnyi P.³, Naumov O.⁴, Zymohliad O.⁵, Mykhailenko Ye.⁶
Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev of NAAS, 142 Heroiv Kharkova Avenue, Kharkiv, 61060, Ukraine; e-mail: ¹nvasko1964@gmail.com, ²yuriev1908@gmail.com, ³pashabarley86@gmail.com, ⁴alnaum@ukr.net, ⁵zemazema0077@gmail.com, ⁶evgeniiron@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-2421-1625, ²0000-0002-0770-1817, ³0000-0001-7652-9419, ⁴0000-0002-0092-1251, ⁵0000-0002-2957-6092, ⁶0000-0009-0003-6534-6782

Varieties of gymnospermous barley to ensure food security

Goal. To create new varieties of gymnospermous barley for the food sector to provide the population with a sufficient number of useful and affordable food products. **Method.** Varieties and lines were created by the method of intraspecific hybridization, the source material was collection samples of the National Center of Plant Genetic Resources of Ukraine. Experiments were based on the methodology of qualification examination. The significance of the differences was determined in the STATISTICA 10 program. The content of protein and starch in the grain was determined on InfraLUM FT-10M 09495, and protein digestibility was determined according to O. Pokrovskiy and I. Yertanov's method [1965]. Total antioxidant activity was assessed by the ability of alcohol extracts to neutralize the DPPH

radical. The content of phenolic compounds was determined by a colorimetric method, oils — by a gravimetric method, and fatty acid composition — by a gas chromatograph. **Results.** The raw material was studied according to its quality characteristics. Sources of high-level valuable features were identified: ω -3 linolenic acid — Hatunok variety; oil — Yavir, CDC Alamo, and Violet line 181207 varieties; antioxidant activity — CDC Alamo, Richard, Mebere, CDC Candle, and Sycamore varieties; phenolic compounds — CDC Alamo, Mebere, Rondo, Richard, and Violet line 181207 varieties. The result of many years of research was the creation of gymnospermous barley varieties Yavir, Orlan, Obrii, and Rondo. **Conclusions.** The selection of gymnospermous varieties of barley is promising for Ukraine since their introduction into production will provide the population with nutritious and economically affordable food products. It is possible to create and introduce gymnospermous varieties with colored grain as a niche crop for the production of products for special purposes — dietary and baby food. Gymnospermous barley varieties Yavir and Orlan selected in the V. Ya. Yuryev Institute of Plant Breeding of NAAS are recommended for cultivation in Ukraine.

Key words: antioxidant activity, phenolic compounds, functional nutrition, protein digestibility, waxy starch, oil, ω -3 linolenic acid.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-05>

Бібліографія

1. FAOSTAT. Production and Trade. FAO, Rome, Italy, 2019. URL: <http://faostat3.fao.org/home/E>
2. Baker B.P., Meints B.M., Hayes P.M. Organic barley producer's desired qualities for crop

improvement. *Org. Agr.* 2020. V. 10. P. 35–42. doi: 10.1007/s13165-020-00299-y

3. Tosh S.M., Bordenave N. Emerging science on benefits of whole grain oat and barley and their soluble dietary fibers for heart health, glycemic

response, and gut microbiota. *Nutr. Rev.* 2020. V. 78. P. 13–20.

4. *Рибалка О.І., Моргун Б.В., Поліщук С.С.* Ячмінь як продукт функціонального харчування. Київ: Логос, 2016. С. 517–574.

5. *Meints B., Vallejos C., Hayes P.* Multi-use naked barley: A new frontier. *J. Cer. Sci.* 2021. V. 102. doi: j.jcs.2021.103370

6. *Bhatty R.S.* Physicochemical and functional (breadmaking) properties of hull-less barley fractions. *Cer. Chem.* 1986. V. 63. P. 31–35.

7. *Magnus E., Fjell K., Steinsholt K.* Barley flour in Norwegian wheat bread. *Cereals in a European Context.* Ellis Horwood, Chichester, UK. 1987. P. 377–384.

8. *Granda S., Macpherson H.* Food barley. Importance, uses and local knowledge. ICARDA, 2008. 205 p.

9. *Rybalka O.I., Morgun V.V., Morgun B.V.* Colored grain of wheat and barley — a new breeding strategy of crops with grain of high nutritional value. *Plant Physiology and Genetics.* 2020. V. 52, № 2. P. 95–127. doi: 10.15407/frg2020.02.095

10. *Food barley: importance, uses and local knowledge;* ed. Granda S., Macpherson H.G. ICARDA, 2005. 156 p.

11. *King K.* Another step forward for food barley. 2013. www.topcropmanager.com/.../another-step-forward-food-barley.

12. *Методика* проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України, УІЕСР, 2016. 81 с.

13. *Arabshahi-Delouee, Saeedeh, Urooj A.* Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry *Morus indica* L. leaves. *Food Chem.* 2007. V. 102. P. 1233–1240.

14. *Maillard M.N., Boivin P., Soum M.H., Berset C.* Antioxidant activity of barley and malt:

relationship with phenolic content. *Food Science and Technology.* 1996. № 29(3). P. 238–244. doi: 10.1006/fst.1996.0035

15. *Bonoli M., Verardo V., Marconi E., Caboni M.F.* Antioxidant phenols in barely (*Hordeum vulgare* L.) flour: comparative spectrophotometric study among extraction methods of free and bound phenolic compound. *J. Agri. Food Chem.* 2004. V. 52. P. 5195–5200.

16. *Vasko N.I., Serik M.L., Kozhachenko M.R.* et al. Content and biological value of protein in grain of spring barley accessions. *Sel. Nasinn.* 2018. Is. 113. P. 45–55. doi: 10.30835/2413-7510.2018.134357

17. *Васько Н.І., Поздняков В.В., Козаченко М.Р.* та ін. Антиоксидантна активність плівчастих і голозерних зразків ячменю ярого. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області.* 2018. Вип. 25. С. 125–133.

18. *Jin H.-M., Dang B., Zhang W.-G.* et al. Polyphenol and anthocyanin composition and activity of highland barley with different colors. *Molecules.* 2022. V. 25, № 27(11). P. 3411. doi: 10.3390/molecules27113411

19. *Ge X., Jing L., Zhaon K.* et al. The phenolic compounds profile, quantitative analysis and antioxidant activity of four naked barley grains with different color. *Food Chem.* 2021. V. 15. № 335. P. 127–655. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127655

20. *Rybalka O.I., Morgun V.V., Morgun B.V.* Colored grain of wheat and barley — a new breeding strategy of crops with grain of high nutritional value. *Fiziol. Rast. Genet.* 2020. V. 52. № 2. P. 95–127. doi: 10.15407/frg2020.02.095

21. *Yao X., Yao Y., An L.* et al. Accumulation and regulation of anthocyanins in white and purple Tibetan Hulless Barley (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. F.) revealed by combined de novo transcriptomics and metabolomics. *BMC Plant Biology.* 2022. V. 22. P. 391. doi: 10.1186/s12870-022-036992