

SL 12-186 (B1 (Banan x Tsarevich). Over the study years, the highest average yield (1.70 t/ha) was obtained from line SL 12-191 (Kharkovskiy Yantarnyy x Kamelot). It should be noted that the breeding lines were significantly superior to standard variety Deviz in terms of protein content in seeds over the study years and the protein content in seeds of lines SL 12-191 (Kharkovskiy Yantarnyy x Kamelot) and SL 12-199 (Kharkovskiy Yantarnyy x Maskara) exceeded that in the parents (25.59% and 25.74%, respectively). In a competitive trial in 2017–2018, line SL 15-37 (B2 (Banan x Maskara)) gave a significantly higher yield (by 2.60 t/ha) than standard Deviz, however, the protein content was significantly lower than that in the standard (18.39%). The protein content in seeds of lines SL 15-126 (Kharkovskiy Yantarnyy x Maskara), SL 12-199 (Kharkovskiy Yantarnyy x Maskara) and SL 15-95 (Banan x Kamelot) was significantly higher than that in the standard (19.66%, 19.82% and 19.72%, respectively, vs. 19.13% in standard variety Deviz).

Conclusions. The use of guaranteed donors in simple crossing and backcrossing designs allows one to quickly create breeding material with desirable features, which significantly increases the efficiency of the breeding process and quickly respond to market demands, and here work with the global gene pool of the crop in order to find sources, to establish their donor properties and to identify guaranteed donors becomes relevant.

Key words: pea, breeding, yield, protein content, backcrossing, donor

УДК 633.16:631.527

DOI: 10.30835/2413-7510.2018.152128

СТВОРЕННЯ ГОЛОЗЕРНИХ СОРТІВ ТА ЛІНІЙ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО З ВИСОКИМИ ХАРЧОВИМИ ЯКОСТЯМИ

¹Васько Н.І., ¹Козаченко М.Р., ¹Поздняков В.В., ¹Наумов О.Г., ¹Солонечний П.М.,
¹Важенина О.Є., ¹Солонечна О.В., ¹Зимогляд О.В., ¹Шелякіна Т.А., ¹Ільченко Н.К.,
¹Анциферова О.В., ¹Супрун О.Г., ²Серік М.Л.

¹ – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Україна

² – Державний університет харчування та торгівлі, Україна

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН в 2015–2017 рр. проводили дослідження із встановлення залежності вмісту білка від умов вирощування, генотипу та визначення його біологічної цінності для виготовлення харчової продукції У зразків голозерного ячменю цей показник істотно вищий (12,05–15,46 %), ніж у плівчастих (10,91–13,82 %). У шестирядних ячменів вміст білка нижчий, ніж у двохрядних.

Ключові слова: селекція голозерного ячменю, сорт, вміст білка, біологічна цінність білка, вміст клітковини та золи, антиоксидантна активність, фенольні сполуки, звичайний та ваху крохмаль

Вступ. Ячмінь вирощувався для харчового використання щонайменше 10000 років тому і був популярним ще в Давньому Єгипті, Греції та Римі. Останнім часом ячмінь викликає цікавість і в інших високоцивілізованих країнах – Канаді, США, Австралії, Фінляндії, Швеції, Данії, Франції та інших [1, 2, 3]. Все більшого значення набуває виробництво голозерного ячменю, так як його зерно не має плівки і може бути використаним у будь-якому технологічному процесі, тому що при переробці зерна голозерного ячменю зберігаються всі корисні ком-

© Н.І.Васько, М.Р.Козаченко, В.В.Поздняков, О.Г.Наумов, П.М.Солонечний, О.Є.Важенина, О.В.Солонечна, О.В.Зимогляд, Т.А.Шелякіна, Н.К.Ільченко, О.В.Анциферова, О.Г.Супрун, М.Л.Серік. 2018.
ISSN 1026-9959. Селекція і насінництво. 2018. Випуск 114.

поненти. До таких відносяться β -глюкани, токоли, протоантоціанідіни та інші речовини, які містяться в алейроновому та субалейроновому шарах зернівки [1, 4, 5, 6].

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Голозерний ячмінь у цивілізованих країнах світу починає відігравати провідну роль як сировина для виробництва продуктів здорового харчування й увага до нього постійно зростає [1, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Селекція має вирішити низку проблем, якими є недоліки майже всіх сортів голозерного ячменю: низька адаптивна здатність до мінливих умов середовища та як наслідок – нестабільна врожайність, низька стійкість до вилягання та грибних хвороб. До того ж, форма зернівки має бути округлою, щоб виключити пошкодження зародка.

Голозерний ячмінь має ряд переваг над плівчастим: підвищений вміст білка, висока склоподібність ендосперму, висока антиоксидантна активність, підвищений вміст фенольних сполук та інше. Вихід продуктів при переробці голозерного ячменю істотно вищий, ніж при переробці плівчастого. Економіка має тенденцію до енергозберігаючих технологій, а виключення енергоємних процесів лущення та частково шліфування дасть відчутну економію ресурсів та здешевить виробництво продукції [1, 3].

Надзвичайно важливе значення для організму людини мають білки, їх неможливо замінити іншими речовинами. Окрім вмісту білка в продуктах харчування слід його біологічну цінність, тобто рівень засвоєння білків організмом людини. Але якщо вмісту білка селекціонери надають великого значення, то щодо його якості дослідження проводяться, в основному, лише як кормів для тваринництва. Те ж стосується визначення вимог до якості зерна ячменю як продукту харчування [11]. На вміст білка в зерні сильний вплив спричиняють як умови вирощування, так і генотип, причому вплив умов вирощування сильніший.

Широкі дослідження з селекції сортів ячменю для функціонального харчування проводить О.І. Рибалка із співробітниками. Так, у їх дослідженнях встановлено, що вміст білка у голозерних зразків завжди є вищим (17,14–21,06 %), ніж у плівчастих (12,5–14,05 %) – як озимих, так і ярих. У дослідженні з визначення перетравлюваності білків ячмінної крупи з голозерних сортів та комерційної крупи було встановлено, що всі зразки крупи перевищували за розчинністю білків у 50 % розчині 1-пропанолу зразки крупи з пшениці Селянка (21,7 %). При цьому фракція розчинних білків у крупі з голозерних сортів була вищою (33,4–45,9 %), ніж у комерційній крупі (29,3 %) [1].

За даними російських дослідників у посушливому 2012 р. встановлено найвищий вміст білка у досліджених зразків ячменю, у 2013 р. з достатнім вологозабезпеченням – найнижчий [12]. В інших дослідженнях встановлено, що голозерний двохрядний сорт Омський голозерний 1 за вмістом білка (18,82 %) перевищує голозерний шестирядний сорт Омський голозерний 2 (16,19 %) та плівчастий Омський 90 (16,00 %) [13]. Аналогічні висновки про вплив погодних умов на вміст білка в зерні ячменю зроблено В.В. Глуховцевим [14].

Сучасними вимогами до сортів ячменю харчового напряму передбачається висока склоподібність ендосперму. Склоподібність відображає структуру внутрішніх тканин зерна і характеризує ступінь щільності ендосперму. Терміни склоподібність та борошністість визначають твердість зерна, між ними існує сильна залежність. При цьому склоподібність вивчено набагато менше, ніж твердість зерна. На склоподібність впливають умови вирощування, її підвищенню сприяють посушливі умови, особливо в період наливу та дозрівання зерна. Також сильний вплив на рівень прояву склоподібності має швидкість висихання зерна при дозріванні [15]. Склоподібне зерно ячменю зазвичай містить більше білка, ніж борошністе.

Склоподібність, вміст білка та клейковини можна віднести до основних показників якості. Підвищений вміст білка цікавить виробників будь-якої продукції, але якщо для виготовлення круп та макаронів потрібен склоподібний ячмінь, то для хлібопекарської промисловості важливішим є показник вмісту клейковини та борошніста консистенція ендосперму.

Важливою складовою харчової цінності зерна ячменю є вміст олії та її жирнокислотний склад. Жирнокислотний склад олії ячменю залежить від генотипу, але загальною за-

кономірністю є істотне переважання в олії лінолевої кислоти. Так, у різних дослідженнях одержано наступні дані щодо вмісту жирних кислот: лінолевої 51,74 %, олеїнової 19,94 %, пальмітинової 18,53 % [16], лінолевої 39,49–53,40 %, ліноленової 4,65–25,07 %, пальмітинової 17,72–23,79 %, олеїнової 13,96–22,40 % [17], лінолевої 50,7–57,9 %, пальмітинової 18,3–27,0 %, олеїнової 12,2–21,2 %, ліноленової 4,3–7,1 % [18], лінолевої 51,55–55,41 %, олеїнової 14,77–21,11 %, ліноленової 3,91–5,49 % [1]. При цьому існують дані щодо незначного впливу на жирнокислотний склад сортової приналежності та умов вирощування [19].

Ячмінь має унікальні дієтичні властивості внаслідок того, що він є одним з найбагатших джерел фенолових сполук серед зернових. У результаті дослідження голозерного ячменю, а саме – його захисної функції в регулюванні антиоксидантного захисту, було виявлено потужні захисні функції ячменю в окислювальному процесі та потенціальну роль ячменю в перешкоджанні хронічного запалення при серцево-судинних захворюваннях [20]. Уся антиоксидантна активність фенольних сполук зосереджена в периферійних шарах зернівки, тому при виготовленні продуктів з плівчастого ячменю під час шліфування із зерна видаляється частина цінних для здоров'я нутрієнтів. Тому все більшу увагу виробників привертає голозерний ячмінь, у якого за відсутності операції шліфування всі цінні компоненти зберігаються в зерні та продукції, виготовленої з нього. Фенольні кислоти значно сприяють антиоксидантній активності перлованого ячменю [21].

У харчуванні людини стратегічну роль відіграють клітковина та мінерали, які не синтезуються людським організмом. Ячмінь є важливим джерелом цих елементів як показників якості харчового зерна. Однією з найбільш цінних у харчовому відношенні фракцій зерна ячменю є не крохмалисті полісахариди, які є структурними елементами півки алейронового шару та ендосперму і становлять фракцію, яку називають загальною дієтичною клітковиною. Вона не перетравлюється травною системою, але має дієтичну цінність. Загальна клітковина як комплекс харчової цінності складається з нерозчинної та розчинної, обидві складові мають велике значення для процесів травлення. Після спалювання зерна ячменю залишається вільна від органічного вуглецю зола, яка є концентратом мінералів, що містяться в зернівці [1].

Таким чином, у селекції дуже широко проводять дослідження із залежності рівня показників харчових властивостей зерна ячменю від умов вирощування та генотипу. Але результати цих досліджень різняться як за місцем проведення, так і за сортами. Тому продовження подібних дослідів не втрачає актуальності.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є створення перспективних ліній та сортів голозерного ячменю. Для цього слід визначити рівень прояву показників харчових властивостей, виділяти джерела якісних ознак та включати їх у селекційний процес як батьківські компоненти для схрещування.

Матеріал та методика. Сорти і лінії вирощували в дослідах сортовипробування, площа ділянки 10 м². Істотність відмінностей між варіантами визначали за допомогою дисперсійного аналізу, апостеріорне порівняння – по Homogenous groups (Fisher LSD) за програмою STATISTICA 10. Взаємозв'язок між ознаками визначали за допомогою коефіцієнтів кореляції та регресії.

Вміст білка в зерні визначали на ИнфраЛЮМ ФТ-10М, здатність білка до перетравлення протеолітичними ферментами – в системі *in vitro* за методикою О. Покровського, І. Ертанова, склоподібність – на діафаноскопі, вміст олії – гравіметричним методом С.В. Русковського, клітковини – по Н.А. Лукашину, жирнокислотний склад олії – методом газової хроматографії метилових ефірів на хроматографі «Селмихром-1», вміст фенольних сполук – методом з використанням реактиву Folin-Ciocalteu, антиоксидантну активність – за здатністю спиртових екстрактів нейтралізувати радикал DPPH• за методом, описаним у роботі S. Arabashahi, A. Urooj, ваху-генотипи ідентифікували методом фарбування йодним розчином Люголя (модифікований метод Джуліана).

Обговорення результатів. Якість зерна для виробництва продуктів харчування передусім визначається за вмістом білка та крохмалю. В нашому дослідженні впродовж 2015–2017 рр. голозерні зразки відзначалися високим вмістом білка (12,05–15,46 %). Істотно вищим за середнє був вміст білка у сортів Гатунок (15,46 %), Merlin (15,23 %), Козацький (15,16 %) (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст білка у голозерних зразків ячменю ярого зі звичайним і ваху крохмалем

Різновид	Лінія, сорт	Рік			Середнє
		2015	2016	2017	
<i>nud</i>	13-301	11,24	13,90	13,44	12,86
<i>nud</i>	Беркут	12,76	14,16	13,69	13,54
<i>nud</i>	Millhouse	12,40	14,47	15,99	14,29
<i>nud</i>	Голозерный 1	14,94	14,06	14,68	14,56
<i>nud</i>	Richard	12,88	12,72	14,50	13,37
<i>coeleste</i>	Buck	12,46	12,03	11,66	12,05
<i>nud</i>	Ахіллес	14,45	15,22	14,15	14,61
<i>nud</i>	Майский	14,37	14,20	14,29	14,29
<i>nud</i>	Оскар	14,60	13,68	13,47	13,92
<i>nud</i>	Гатунок	15,85	15,38	15,14	15,46*
<i>nud</i>	Merlin	15,60	14,36	15,73	15,23*
<i>nud</i>	Козацький	15,23	15,19	15,06	15,16*
<i>nud</i>	Омский голозерный 1	14,52	13,24	13,72	13,83
Середнє (зразки зі звичайним крохмалем)		13,93	14,04	14,26	14,08
max		15,85	15,38	15,14	15,46
min		11,24	12,03	11,66	12,05
<i>nud</i>	Mebere	14,76	14,47	14,38	14,54
<i>nud</i>	CDC Candle	13,74	12,59	13,96	13,43
<i>nud</i>	CDC Alamo	14,30	13,76	16,74	14,93
Середнє (зразки з крохмалем ваху)		14,27	13,61	15,03	14,30
max		15,60	14,36	16,74	14,93
min		13,74	12,59	13,96	13,43
НІР ₀₅					0,85

Примітка. * – вміст білка істотно перевищує середнє, рівень значущості $p < 0,05$.

Підвищений вміст білка є дуже важливою властивістю для селекції харчових сортів ячменю та виробництва продуктів харчування. Але, окрім вмісту білка, слід урахувати його біологічну цінність. Одним із методів установаження біологічної цінності є визначення перетравлюваності рослинного білка травною системою людини.

За результатами аналізу здатності білка до перетравлення протеолітичними ферментами було встановлено, що білок сортів Парнас і Беркут відзначається дуже високою перетравлюваністю (69,80–74,20 мг/г) (табл. 2). Особливо видатними є показники трипсинолізу (54,60–48,70 мг/г).

Серед ліній високий ступінь перетравлюваності білка відмічено у лінії 14-105 (67,60 мг тирозину на 1 г білка за сумою пепсинолізу та трипсинолізу) та лінії 13-802 (52,90 мг) (див. табл. 2).

Виходячи з того, що одержано високий ступінь перетравлюваності білка не лише у сортів Парнас та Омский голозерный 1, а і в лініях, які мають ці сорти у родоводі, можна зробити висновок, що сорти Парнас та Омский голозерный 1 є джерелами високої здатності білків зерна до перетравлення протеолітичними ферментами.

Таблиця 2

Перетравлюваність білків *in vitro* зразків ячменю ярого травними ферментами шлунково-кишкового тракту, 2017 р.

Зразок	Кількість розчинних продуктів гідролізу білка, мг тирозину на 1 г білка		
	Пепсиноліз	Трипсиноліз	Пепсиноліз + трипсиноліз
Пшениця Досконала	17,05	36,85	53,90
Парнас	15,20	54,60	69,80
13-301 (Парнас / Омский голозерный 1)	14,30	36,30	50,60
Беркут (Парнас / Омский голозерный 1)	25,50	48,70	74,20
Ахіллес	14,05	38,75	52,80
CDC Alamo	7,70	39,60	47,30
Омский голозерный 1	14,30	41,80	56,10
14-105 (Омский голозерный 1/Парнас)	9,05	58,55	67,60
13-802 (Парнас / Омский голозерный 1)	14,30	38,60	52,90

Примітка. Рівень значущості: $n=5$, $p \geq 0,95$, $\epsilon \leq 5$.

Вірогідність одержання зразків з високою перетравлюваністю є найвищою при доборах в популяціях саме з цими батьківськими компонентами. Це є цінним для селекції сортів для дієтичного та дитячого харчування.

У результаті дослідження встановлено залежність склоподібності зерна ячменю від умов вирощування (табл. 3). У залежності від погодних умов під час проходження критичних фаз колосіння–налив та налив–дозрівання склоподібність ендосперму змінювалась порізному.

Таблиця 3

Склоподібність голозерних зразків ячменю ярого, %.

Зразок	Склоподібність			
	2015 р.	2016 р.	2017 р.	середня
13-301	94	87	95	90*
Беркут	96	95	98	90*
Millhouse	99	95	97	85
Голозерный 1	99	99	97	89
Richard	87	93	91	84
Buck	84	92	95	84
Ахіллес	87	99	98	90*
Майский	97	92	97	90*
Оскар	94	96	99	91*
Гатунок	93	90	98	88
Merlin	99	97	97	91*
Козацький	98	94	98	89
Омский голозерный 1	94	94	99	90*
Mebere	94	92	98	91*
CDC Candle	65	99	100	82
CDC Alamo	94	67	93	79
Середнє	92	93	97	88
max	99	99	100	91
min	65	67	91	79
НІР ₀₅				1,8

Примітка. * – значення істотно перевищує середнє

Між сумою ефективних температур у фазу колосіння–налив та склоподібністю у голозерних зразків відмічено істотну позитивну кореляцію, $r = 0,803$. Оподи у фазу колосіння–налив знижували склоподібність ($r = -0,846$). Це підтверджується і регресією між кількістю опадів та склоподібністю, $b = -0,96$. Підвищення температури у фазу наливу–дозрівання істотно підвищує склоподібність ендосперму, коефіцієнт кореляції складає $0,875$. Залежність рівня склоподібності від опадів у фазу наливу–дозрівання є неістотною, відмічено лише негативну тенденцію при коефіцієнті кореляції $-0,357$. Це пояснюється тим, що в зоні дослідження оподи під час проходження ячменем фази наливу–дозрівання, як правило, випадають дуже рідко і носять зливовий характер, що не може істотно впливати на рівень показників, що вивчалися. Між сумою ефективних температур у фазу колосіння–налив та склоподібністю встановлено істотну позитивну кореляцію, $r = 0,803$.

Результати наших досліджень узгоджуються з даними інших учених щодо залежності вмісту олії в зерні ячменю від генотипу. Вміст олії в зерні зразків ячменю варіював від $2,02\%$ до $3,08\%$ (табл. 4). Істотно вищим за середнє по досліді значення вміст олії був у сортів CDC Alamo, Merlin, CDC Candle та ліній 13-728 і 13-976. Лінію 13-728 з високим вмістом олії ($3,08\%$) під назвою Беркут передано до Державного сорто випробування.

Таблиця 4

Вміст олії в зерні зразків ячменю, 2016–2017 рр.

Зразок	Вміст олії, %
Голозерні зі звичайним крохмалем	
13-728 (Беркут)	3,08*
13-976	2,99*
Merlin	2,86*
13-301	2,75
13-977	2,64
Омский голозерный 2	2,56
Richard	2,55
Ахіллес	2,55
Голозерный 1	2,45
Millhouse	2,37
Оскар	2,36
Майский	2,28
Buck	2,22
Омский голозерный 1	2,20
Гатунок	2,02
Голозерні з ваху крохмалем	
CDC Alamo	3,04*
CDC Candle	2,80*
Середнє	2,57
НІР ₀₅	0,23

За результатами наших досліджень головними жирними кислотами олії ячменю є полі ненасичена лінолева ($52,14\text{--}58,00\%$), насичена пальмітинова ($19,75\text{--}23,25\%$), мононенасичена олеїнова ($12,93\text{--}19,14\%$) та поліненасичена ліноленова ($4,96\text{--}6,73\%$).

У складі рослинної олії, у тому числі ячмінної, ненасичені жирні кислоти є дуже важливими в процесі здорового харчування людини. Ячмінна олія відрізняється від інших високим вмістом таких кислот, зокрема поліненасиченої ω -3 ліноленової кислоти. В наших дослідженнях вміст ліноленової кислоти був найвищим у лінії 13-977, сортів Гатунок та Оскар, лінолевої – у сортів Buck, Millhouse та Гатунок, олеїнової – у сортів Merlin, CDC Alamo та Ахіллес (табл. 5).

Таблиця 5

Зразки з найвищим вмістом в олії ненасичених жирних кислот, 2017 р.

Олеїнова		Лінолева		Ліноленова	
зразок	вміст, %	зразок	вміст, %	зразок	вміст, %
Merlin	19,05	Buck	57,95	13-977	6,25
CDC Alamo	18,55	Millhouse	56,33	Гатунок	6,23
Ахіллес	18,44	Гатунок	55,01	Оскар	6,22
Richard	18,38	Candle	54,80	Омський голозерный 1	6,11
Омський голозерный 2	18,36	13-976	54,67	13-301	6,09
Майський	18,09	13-796	54,65	13-976	5,92
Голозерный 1	17,97	13-977	54,61	Беркут	5,89
CDC Candle	16,77	Оскар	54,02	Buck	5,85
Гатунок	16,76	Беркут	53,60	Millhouse	5,63

Інформація про антиоксидантні властивості зернових культур, у тому числі ячменю, які знаходяться у виробництві нашого регіону, практично відсутня, тоді як у більшості розвинутих країн світу подібні дослідження проводяться дуже інтенсивно. Зокрема, встановлення рівня антиоксидантної активності генотипів ячменю та його залежності від вмісту фенольних сполук є актуальним для селекції сортів харчового використання, так як лише сорти з високою АОА придатні для виробництва продукції функціонального харчування.

У наших дослідженнях встановлено, що рівень антиоксидантної активності залежить від умов вирощування та генотипу. Так, у 2015 р. антиоксидантна активність була найнижчою за три роки дослідження (1,05–1,10 мг/г за еквівалентом хлорогенової кислоти). Рівень активності в 2016 р. був дещо вищим, ніж у 2017 р., але відрізнявся неістотно (2,82–3,21 мг/г і 2,25–2,39 мг/г відповідно) (табл. 6).

Таблиця 6

Антиоксидантна активність зразків ячменю ярого

Зразок	Антиоксидантна активність						
	2015 р.		2016 р.		2017 р.		середня
	%	еквівалент хлорогенової кислоти, мг/г	%	еквівалент хлорогенової кислоти, мг/г	%	еквівалент хлорогенової кислоти, мг/г	
Richard	70,5	1,21	58,3	2,99	68,6	2,36	2,19
Ахіллес	56,8	0,98	48,1	2,44	66,2	2,28	1,90
13-728 (Беркут)	69,6	1,20	57,5	2,95	68,9	2,38	2,18
13-301	68,1	1,17	62,3	3,19	66,5	2,29	2,22
Омський голо- зерный 1	60,3	1,03	55,9	2,86	67,1	2,31	2,07
Голозерный 1	54,5	0,93	54,5	2,79	63,1	2,18	1,97
Гатунок	57,3	0,97	53,9	2,76	61,8	2,13	1,95
Оскар	57,6	0,98	53,8	2,74	62,4	2,15	1,96
Майський	49,7	0,85	49,0	2,51	60,3	2,08	1,81
середнє		1,05		2,82		2,25	2,04
max		1,21		3,19		2,38	2,22
min		0,85		2,44		2,08	1,81
CDC Alamo waxy	74,6	1,29	67,9	3,46	75,4	2,60	2,45
CDC Candle waxy	54,4	0,92	58,1	2,96	63,1	2,18	2,02
Mebere waxy	68,3	1,22	58,4	2,99	67,4	2,33	2,18
середнє		1,10		3,21		2,39	2,24
HIP ₀₅	1,03	0,09	0,85	0,04	1,85	0,18	

Антиоксидантна активність визначається генотипом, між групами зразків ячменю відмічено відмінності. Так, у групі голозерних зі звичайним крохмалем вона складала 2,04 мг/г, у голозерних ваху – 2,24 мг/г (див. 6). Істотно вищою, ніж у інших сортів, є антиоксидантна активність сортів з ваху-крохмалем CDC Alamo (2,45 мг/г) і Mebere (2,18 мг/г). Також високою є АОА сортів зі звичайним крохмалем Richard (2,19 мг/г) і Омский голозерный 1 (2,07 мг/г).

Високою АОА відзначалися голозерні лінії 13-728 і 13-301 (2,18 і 2,22 мг/г відповідно). Лінії створено добором з гібридних популяцій, створених схрещуванням сортів Парнас і Омский голозерный 1. При цьому слід відмітити, що АОА нових ліній є вищою, ніж у батьківського компонента Омский голозерный 1 – 2,07 мг/г (див. табл. 6).

Таким чином, антиоксидантна активність визначається генотипом і залежить від умов вирощування. При цьому визначальною є роль генотипу, так як сорти, які характеризуються певним рівнем АОА, зберігають цю тенденцію за будь-яких умов.

За літературними даними, АОА пов'язана з вмістом фенольних сполук у зерні ячменю [20, 21]. У результаті наших досліджень у 2006–2007 рр. встановлено вміст фенольних сполук у зерні сортів та ліній гол озерного ячменю ярого різного походження.

У залежності від року вміст фенольних сполук був вищим у 2016 р., ніж у 2017 р. (табл. 7).

Таблиця 7

Вміст фенольних сполук у зерні зразків ячменю ярого

Зразок	Екстинція		Еквівалент галової кислоти, мг/г зерна	
	2016 р.	2017 р.	2016 р.	2017 р.
Омский голозерный 1	1,012	0,839	0,911	0,746
CDC Alamo	1,041	0,974	0,943	0,873
Mebere	0,989	–	0,889	–
Беркут	0,696	–	0,810	–
Richard	–	0,954	–	0,851
Ахіллес	–	0,872	–	0,756
Голозерный 1	–	0,916	–	0,819
CDC Candle	–	0,883	–	0,788
13-301	–	0,753	–	0,664

Примітка. Відмінності істотні на 95 % рівні значущості.

У залежності від генотипу найвищим вміст фенольних сполук був у 2016 р. у сортів CDC Alamo (0,943 мг/г за еквівалентом галової кислоти), Омский голозерный 1 (0,911 мг/г). У 2017 р. найвищий вміст фенольних сполук мали сорти CDC Alamo (0,873 мг/г), Richard (0,851 мг/г), Голозерный 1 (0,819 мг/г). Таким чином, сорт CDC Alamo має стабільно високий вміст фенольних сполук незалежно від умов вирощування.

У наших дослідженнях встановлено, що вміст фенольних сполук впливає на рівень загальної антиоксидантної активності. Між цими двома ознаками існує позитивна істотна кореляція, $r = 0,668$, що характеризує тісний лінійний зв'язок.

Вміст золи складав від 1,60 % (лінія 13-301) до 1,80–1,83 % (CDC Alamo, Беркут) (табл. 8). У голозерних зразків вміст золи майже повністю характеризує вміст мінералів, а клітковини – вміст загальної дієтичної клітковини (TDF). Між вмістом золи та клітковини за ознакою ваху істотні відмінності відсутні.

У результаті дослідження створено ряд сортів та ліній ячменю ярого, які за вмістом клітковини та золи є цінними для виробництва продуктів харчування – сорт Беркут та лінія 13-301 (клітковини 2,10 % і 2,40 %, золи 1,83 % і 1,60 % відповідно) (див. табл. 8).

Вміст золи та клітковини в зерні зразків ячменю ярого, %, 2017 р.

Зразок	Зола	Клітковина
Беркут	1,83	2,10
13-301	1,60	2,40
Голозерный 1	1,73	1,70
Омский голозерный 1	1,67	1,95
Ахіллес	1,65	2,85
Buck	1,65	2,55
CDC Candle waxu	1,68	2,33
CDC Alamo waxu	1,80	2,05
НІР ₀₅	0,22	0,65

Висновки. Встановлено, що зразки голозерного ячменю відзначаються високим вмістом білка (12,05–15,46 %) та дуже високою склоподібністю (85–91 %).

Встановлено високий ступінь перетравлюваності білка у сортів Парнас і Омский голозерный 1 та голозерних ліній, які мають ці сорти у родоводі. Сорти Парнас та Омский голозерный 1 визначено як джерела білка з високою здатністю до перетравлення протеолітичними ферментами.

Установлено високі поживні якості зерна сортів ячменю з ваху-крохмалем. Зокрема, такі генотипи ячменю мають істотно вищий вміст олії порівняно із зразками зі звичайним крохмалем. Виділено як джерело білка з високою перетравлюваністю (61,75 мг тирозину на 1 г білка за сумою пепсинолізу та трипсинолізу) лінію 12-1014.

Установлено, що визначальним для антиоксидантної активності є генотип. Джерелом стабільно високого рівня АОА є сорт з ваху-крохмалем CDC Alamo. Між вмістом фенольних сполук та рівнем загальної антиоксидантної активності існує позитивна істотна кореляція ($r = 0,668$). Джерелами високого вмісту фенольних сполук є сорти CDC Alamo, Омский голозерный 1, Голозерный 1, Richard, лінія 12-333, (0,943–0,814 мг/г за еквівалентом галової кислоти).

Створено лінії голозерного ячменю з вищою, ніж у батьківських форм, АОА. Голозерну лінію 13-728 під назвою Беркут передано до Державного сорто випробування.

Виділено сорти з високим вмістом в олії поліненасиченої ω -3 ліноленої кислоти – Гатунок та Оскар, лінолевої – CDC Candle.

Створено сорти та лінії ячменю ярого, які за вмістом клітковини та золи є цінними для виробництва продуктів харчування – сорт Беркут і лінія 13-301 (клітковини 2,10 % і 2,40 %, золи 1,83 % і 1,60 % відповідно).

Список використаних джерел

1. Рибалка О.І., Моргун Б.В., Поліщук С.С. Ячмінь як продукт функціонального харчування. Київ: Логос, 2016. 620 с.
2. Byung-Kee Baik O., Steven E., Ulrich C. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. J. Of Cereal Sci. 2008. Vol. 48. P. 233–242.
3. Железнов А.В., Кукоєва Т.В., Железнова Н.Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 2. С. 286–296.
4. Рибалка О.І., Поліщук С.С., Поздняков В.В., Діденко С.Ю. Антиоксидантна активність та інші характеристики харчової цінності зерна ячменю. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. 2016. Вип. 3(39). С. 64–71.
5. Кирдогло Е.К., Поліщук С.С., Червонис М.В. Методология и результаты селекции ячменя пищевого использования. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 171. Генетические ресурсы овса, ржи, ячменя. 2013. С. 240–253.
6. Поліщук С.С., Кирдогло Е.К., Червонис М.В. Создание исходного материала для селекции сортов голозерного ячменя пищевого использования. Труды по прикладной бота-

- нике, генетике и селекции. Т. 171. Генетические ресурсы овса, ржи, ячменя. 2013. С. 253–257.
7. Bhatta R.S. The potential of hull-less barley, a Review. *Cereal Chemistry*. 1986. Vol. 63. P. 97–103.
 8. Dickin E., Steele K., Edwards-Jones G., Wright D. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe. *Euphiti-ca*. 2012. Vol. 184. P. 85–99.
 9. Ames N., Rhymer C., Rossnagel B. Utilization of diverse hullless barley properties to maximize food product quality. *Cereal Food World*. 2006. Vol. 51. P. 23–28.
 10. Newman R., Newman W. Barley for food and health. Science, Technology and Products. A John Wiley & Sons Inc., Publication. 2008.
 11. Ульрих С.Е. Ячмень в производстве продуктов питания / перевод Уляницкой Н. *Зерно*. 2010. № 12. www.zerno-ua.com.
 12. Юсова О.А., Николаев О.А. Оценка новых перспективных источников повышенных продуктивности и качества зерна ячменя в условиях южной Лесостепи Западной Сибири. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2016. № 12. С. 26–32.
 13. Колмаков Ю.В., Аниськов Н.И. Оценка и требования к качеству зерна голозерного крупяного ячменя. *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2009. № 3. С. 21–23.
 14. Глуховцев В.В., Дровальева Н.В. Качественный состав белка зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья. *Зерновое хозяйство России*. 2012. № 2(20). [www.zhros.ru/num23\(5\).../st07_02_2012_20_Gluxovcev.ht...](http://www.zhros.ru/num23(5).../st07_02_2012_20_Gluxovcev.ht...)
 15. Turnbull K.M., Rahman S. Review – Endosperm texture in wheat. *J. Cereal Sci*. 2002. No 36. P. 327–337.
 16. Osman R.O., Abd El Gelil F.M., El-Naamany H.M., Davood M.G. Oil content and fatty acid composition of some varieties of barley and sorghum grains. *Grasas y Aceites*. 2000. No 51(3). P. 157–162. doi: 10.3989/gya.2000.v51.i3.472.
 17. Ozcan M.M., Aljuhaimi F., Uslu N. Effect of malt process steps on bioactive properties and fatty acid composition of barley, green malt and malt grains. *J. of Food Science and Technol-ogy*. 2017. No 55(1). P. 226–232. doi: 10.1007/s13197-017-2920-1.
 18. Fedak G., La Roche I. Lipid and fatty acid composition of barley kernels. *Can. J. of Plant Science*. 1977. No 57(1). P. 257–260. doi: 10.4141/cjps77-035.
 19. De Man W., Bruyneel P. Fatty acid content and composition in relation to grain-size in barley. *Phytochemistry*. 1987. No 26. P. 1307–1310.
 20. Zhigang Han, Jingjie Zhang, Shengguan Cai, Xiaohui Chen, Xiaoyan Quan, Guoping Zhang. Association mapping for total polyphenol content, total flavonoid content and antioxidant activity in barley. *BMC Genomics*. 2018. No 19. P. 81–90. doi: 10.1186/S12864-018-4483-6.
 21. Yoshida A., Sonoda K., Nogata Y., Nagamine T., Sato M., Oki T., Hashimoto Sh., Ohta H. Determination of free and bound phenolic acid, and evaluation activities and total polyphenolic contents in selected pearled barley. *Food Sci. Technol. Res*. 2010. No 16(3). P. 215–224.

References

1. Rybalka OI, Morgun BV, Polyshchuk SS. Barley as a product of functional nutrition. Kyiv: Logos, 2016. 620 p.
2. Byung-Kee Baik O, Steven E, Ulrich C. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest. *J. of Cereal Sci*. 2008; 48: 233–242.
3. Zheleznov AV, Kukoieva TV, Zheleznova NB. Naked barley: origin, dissemination and prospects of use. *Vavilovskiy journal genetiki i selektsii*. 2013; 17(2): 286–296.
4. Rybalka OI, Polyshchuk SS, Pozdniakov VV, Didenko SYu. Antioxidant activity and other characteristics of the nutritional value of barley grain. *Visnyk Kharkivskogo natsionalnogo agrarnogo universytetu. Ser. Biologiya*. 2016; 3(39): 64–71.
5. Kyrdoglo EK, Polyshchuk SS, Chervonis MV. Methodology and results of breeding barley for food end-use. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2013; 171: 240–253.

6. Polyshchuk SS, Kyrdoglo EK, Chervonis MV. Development of initial material for breeding of cultivars naked barley for human consumption. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2013; 171: 253–257.
7. Bhatti RS. The potential of hull-less barley, a Review. Cereal Chemistry. 1986; 63: 97–103.
8. Dickin E, Steele K, Edwards-Jones G, Wright D. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe. Euphiti-ca. 2012; 184: 85–99.
9. Ames N, Rhymer C, Rossnagel B. Utilization of diverse hullless barley properties to maximize food product quality. Cereal Food World. 2006; 51: 23–28.
10. Newman R, Newman W. Barley for food and health. Science, Technology and Products. A John Wiley & Sons Inc., Publication. 2008.
11. Ulrich SE. Barley in food production / translated by Ulyanitskaya N. Zerno. 2010; 12. URL: www.zerno-ua/com.
12. Yusova OA, Nikolaiev OA. Assessment of new promising sources of increased performance and quality of barley grain in the southern forest-steppe of Western Siberia. Vestnik Krasnoi-arskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; 12: 26–32.
13. Kolmakov YuV, Aniskov NI. Evaluation of and requirements to quality grain of naked groat barley. Agrarnyi vestnik Yugo-Vostoka. 2009; 3: 21–23.
14. Glukhotsev VV, Drovalieva NV. The qualitative composition of spring barley grain protein under the conditions of the Middle Volga region. Zernovoie khoziaystvo Rossii. 2012; 2(20). URL: www.zhros.ru/num23(5).../st07_02_2012_20_Gluxovcev.ht...
15. Turnbull KM, Rahman S. Review – Endosperm texture in wheat. J. Cereal Sci. 2002; 36: 327–337.
16. Osman RO, Abd El Gelil FM, El-Naamany HM, Davood MG. Oil content and fatty acid composition of some varieties of barley and sorghum grains. Grasas y Aceites. 2000; 51(3): 157–162. doi: 10.3989/gya.2000.v51.i3.472.
17. Ozcan MM, Aljuhaimi F, Uslu N. Effect of malt process steps on bioactive properties and fatty acid composition of barley, green malt and malt grains. J. of Food Science and Technol-ogy. 2017; 55(1): 226–232. doi: 10.1007/s13197-017-2920-1.
18. Fedak G, La Roche I. Lipid and fatty acid composition of barley kernels. Can. J. of Plant Sci-ence. 1977; 57(1): 257–260. doi: 10.4141/cjps77-035.
19. De Man W, Bruyneel P. Fatty acid content and composition in relation to grain-size in barley. Phytochemistry. 1987; 26: 1307–1310.
20. Zhigang Han, Jingjie Zhang, Shengguan Cai, Xiaohui Chen, Xiaoyan Quan, Guoping Zhang. Association mapping for total polyphenol content, total flavonoid content and antioxidant ac-tivity in barley. BMC Genomics. 2018; 19: 81–90. doi: 10.1186/S12864-018-4483-6.
21. Yoshida A, Sonoda K, Nogata Y, Nagamine T, Sato M, Oki T, Hashimoto Sh, Ohta H. De-termination of free and bound phenolic acid, and evaluation activities and total polyphenolic contents in selected pearled barley. Food Sci. Technol. Res. 2010; 16(3): 215–224.

СОЗДАНИЕ ГОЛОЗЕРНЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ С ВЫСОКИМИ ПИЩЕВЫМИ СВОЙСТВАМИ

¹Васько Н.И., ¹Козаченко М.Р., ¹Поздняков В.В., ¹Наумов А.Г., ¹Солонечный П.Н.,
¹Важенина О.Е., ¹Солонечная О.В., ¹Зимогляд А.В., ¹Шелякина Т.А., ¹Ильченко Н.К.,
¹Анцы-+ферова О.В., ¹Супрун О.Г., ²Серик М.Л.

¹ – Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, Украина

² – Государственный университет питания и торговли, Украина

Голозерный ячмень имеет ряд преимуществ над пленчатым: повышенное содержание бел-ка, высокая стекловидность эндосперма, высокая антиоксидантная активность, повы-шенное содержание фенольных соединений и др. Выход продуктов при переработке

голозерного ячменя существенно выше, чем при переработке пленчатого. Экономика имеет тенденцию к энергосберегающим технологиям, а исключение энергоемких процессов лущения и частично шлифования даст ощутимую экономию ресурсов и удешевит производство продукции, поэтому селекция сортов голозерного ячменя является актуальной.

Материалы и методы. В Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН в 2015–2017 гг. проводили исследования по установлению зависимости уровня проявления пищевых свойств образцов голозерного ячменя от условий выращивания и генотипа. Исходным материалом были сорта отечественной и зарубежной селекции и линии селекции ИР им. В.Я. Юрьева.

Содержание белка в зерне определяли на ИнфраЛЮМ ФТ-10М, способность белка к переваримости протеолитическими ферментами – в системе *in vitro* по методике О. Покровского, И. Ертанова, стекловидность – на диафаноскопе, содержание масла – гравиметрическим методом С.В. Рушковского, клетчатки – по Н.А. Лукашину, жирнокислотный состав масла – методом газовой хроматографии метиловых эфиров на хроматографе «Селмихром-1», содержание фенольных соединений – методом с использованием реактива Folin-Ciocalteu, антиоксидантную активность – по способности спиртовых экстрактов нейтрализовать радикал DPPH• по методу, описанному в работе S. Arabashahi, A. Urooj, *waхu*-генотипы идентифицировали методом окрашивания йодным раствором Люголя (модифицированный метод Джулиана).

Обсуждение результатов. В результате исследования установлено, что образцы голозерного ячменя отличаются высоким содержанием белка (12,05–15,46 %) и очень высокой стекловидностью (85–91 %). Определена высокая степень переваримости белка у сортов Парнас и Омский голозерный 1 и голозерных линий, имеющих эти сорта в родословной. Таким образом, сорт Омский голозерный 1 является источником высокой способности белков зерна к переваримости протеолитическими ферментами, что представляет ценность для селекции сортов для диетического и детского питания.

Установлена существенная корреляция между содержанием белка и стекловидностью, при этом отмечена линейная зависимость между двумя показателями.

Установлена зависимость уровня антиоксидантной активности от условий выращивания и генотипа. При этом ранжирование генотипов по уровню антиоксидантной активности не изменяется в зависимости от условий выращивания, самой высокой во все годы исследования АОА была у голозерного сорта с *waхu*-крахмалом CDC Alamo. Между содержанием фенольных соединений и уровнем общей антиоксидантной активности существует положительная существенная корреляция ($r = 0,668$). Выделены образцы с высоким содержанием фенольных соединений – CDC Alamo, Омский голозерный 1, Голозерный 1, Richard, линия 12-333 (0,943–0,814 мг/г по эквиваленту галловой кислоты).

Созданы линии голозерного ячменя с более высокой, чем у родительских компонентов, АОА. Голозерная линия 13-728 под названием Беркут передана в Государственное сортоиспытание.

Среди голозерных образцов выделены сорта с высоким содержанием в масле полиненасыщенной ω -3 линоленовой кислоты – Гатунок и Оскар, линолевой – CDC Candle.

Содержание золы у исследованных образцов составляло от 1,60 % (линия 13-301) до 1,80–1,83 % (CDC Alamo, Беркут). Созданы образцы ячменя, являющиеся ценными для производства продуктов питания по содержанию клетчатки и золы – сорт Беркут и линия 13-301 (клетчатки 2,10 % и 2,40 %, золы 1,83 % и 1,60 % соответственно).

Выводы. Голозерный ячмень отличается высокими питательными свойствами, возможно создание селекционным путем сортов, пригодных для изготовления продуктов питания – крупы, хлопьев, муки, в том числе экструдированной. Образцы с *waхu*-крахмалом имеют высокие питательные свойства зерна, в частности такие генотипы имеют существенно более высокое содержание масла в сравнении с образцами с обычным крахмалом. Выделены отдельные образцы с очень ценными характеристиками, они являются

ценными и как исходный материал для селекции пищевых сортов, так и непосредственно для изготовления продуктов функционального питания. Создан сорт Беркут и линии с комплексом ценных признаков – высоким содержанием белка, диетической клетчатки, фенольных соединений, с высокой антиоксидантной активностью и др.

Ключевые слова: селекция голозерного ячменя, сорт, содержание белка, биологическая ценность белка, содержание клетчатки и золы, антиоксидантная активность, фенольные соединения, обычный и waxy крахмал

CREATION OF NAKED VARIETIES AND LINES OF SPRING BARLEY WITH HIGH FOOD QUALITIES

¹Vasko N.I., ¹Kozachenko M.R., ¹Pozdniakov V.V., ¹Naumov O.G., ¹Solonechnyi P.M., ¹Vazhenina O.E., ¹Solonechna O.V., ¹Zymogliad O.V., ¹Sheliakina T.A., ¹Ilchenko N.K., ¹Antsyferova O.V., ¹Suprun O.G., ²Serik M.L.

¹ – Plant Production Institute nd. a V.Ya. Yuriev of NAAS, Ukraine

² – State University of Food Technology and Trade, Ukraine

Naked barley has a number of advantages over chaffy one: increased protein content, high vitreousness of endosperm, high antioxidant activity, increased content of phenolic compounds, etc. The output of products from processing of naked barley is significantly higher than from processing chaffy forma. Economy tends to use energy-saving technologies, and exclusion of energy-intensive peeling and partial defuzzing will result in tangible savings of resources and cheaper production, and therefore the breeding of naked barley varieties is relevant.

Material and methods. In 2015–2017, the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS conducted studies to determine the dependence of expression of nutritional features of naked barley accessions on the cultivation conditions and genotype. Domestic and foreign varieties and lines bred in the Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuriev were taken as the test material.

The protein content in grain was determined on an Infralum FT-10M; the protein digestibility by proteolytic enzymes was evaluated *in vitro* by O. Pokrovskiy and I. Yertanov's method; vitreousness - on a diaphanoscope; the oil content – by SV Rushkovskiy's gravimetric method; the cellulose content - by NA Lukashin's method; the fatty acid composition of oil - by gas chromatography of methyl esters on a SelmiChrom-1 chromatograph; the content of phenolic compounds - using the Folin-Ciocalteu reagent; the antioxidant activity - by the ability of ethanol extracts to neutralize the DPPH radical using the method described in S. Arabashahi and A. Urooj's work; waxy genotypes were identified by dyeing with Lugol's iodine solution (Juliano's modified method).

Results and discussion. The study found that naked barley accessions had a high protein content (12.05-15.46%) and very high vitreousness (85-91%). Varieties Parnas and Omskiy Golozyornyy 1 and lines derived from them were noticeable for a high protein digestibility. Thus, Omskiy Golozyornyy 1 is a source of high ability of grain protein to be digested by proteolytic enzymes, which is valuable for the breeding of varieties for diet and infant foods.

There was a significant correlation between the protein content and vitreousness, with a linear relationship between these two parameters.

The dependence of the antioxidant activity on the cultivation conditions and genotype was established. At the same time, the genotype ranking according to the antioxidant activity does not change, depending on the cultivation conditions: CDC Alamo, a naked variety with waxy starch, had the highest AOA in all the study years. There was a positive significant correlation between the content of phenolic compounds and total antioxidant activity ($r = 0.668$). Accessions with a high content of phenolic compounds (CDC Alamo, Amil, Omskiy

Golozorny 1, Golozorny 1, Richard, line 12-333 [0.943-0,814 gallic acid equivalent mg/g) were identified.

We created naked barley lines that had a higher AOA than that in their parents. Naked line 13-728 called Berkut was submitted to the state variety trials.

Among the naked accessions, varieties with a high content of polyunsaturated ω -3 linolenic acid in oil, Hatunok and Oskar, were detected. CDC Candle had a high content of linoleic acid.

The ash content in the accessions under investigation ranged from 1.60% (line 13-301) to 1.80-1.83% (CDC Alamo, Berkut). We created spring barley accessions, which are valuable for food production because of cellulose and ash contents: variety Berkut and line 13-301 (cellulose content = 2.10% and 2.40%, respectively; ash content = 1.83% and 1.60%, respectively).

Conclusions. Naked barley is characterized by high nutritional properties; it is possible to breed varieties suitable for food production: of groats, flakes, flour, including extruded one. Waxy accessions have grain of high nutritional quality, in particular, these genotypes have significantly increased oil content than accessions with wild type starch. We singled out accessions with very valuable characteristics; they are valuable both as starting material for the breeding of food varieties and directly as raw material for the production of functional foods.

Variety Berkut and lines with a set of valuable features (high contents of protein, dietary fibers, phenolic compounds, high antioxidant activity, etc.) were created.

Key words: *naked barley breeding, variety, protein content, biological value of protein, cellulose and ash contents, antioxidant activity, phenolic compounds, wild type and waxy starch*