

УДК 575.113.2:577.112.82

ГЕНЕТИЧНІ ТА СЕЛЕКЦІЙНІ КРИТЕРІЇ СТВОРЕННЯ СОРТІВ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЮ ХАРЧОВОГО НАПРЯМУ

О.І. РИБАЛКА^{1,3}, С.С. ПОЛІЩУК¹, Є.К. КІРДОГЛО¹, Б.В. МОРГУН^{2,3}

¹Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннезнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України
65036 Одеса, Овідіопольська дорога, 3

²Інститут клітинної біології і генетичної інженерії Національної академії наук України

03680 Київ, вул. Академіка Заболотного, 148

³Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17

Досліджено біохімічні, технологічні, морфологічні особливості зерна голозерного ячменю в порівнянні з сортами-стандартами півчастого ячменю. Доведено провідну роль ефектів генів *nud* і *wax* у визначенні показників харчової (кормової) цінності зерна голозерного ячменю. Визначено генетичні та селекційні критерії створення сортів голозерного ячменю для харчових цілей.

Ключові слова: ячмінь, зерно, біохімічні та технологічні особливості, харчова цінність.

Ячмінь разом із пшеницею був першою одомашненою культурою і вирощувався для харчового використання вже понад 10 000 років тому. Як продукт харчування він був популярним ще за часів Древнього Єгипту, Греції та Риму. Римських гладіаторів, відомих своєю силою, мужністю і витривалістю, називали *hordearii*, або гордеаріями (від родової назви ячменю *Hordeum*), через те що основним їх харчем був ячмінь [17]. У багатьох регіонах світу, таких як Африка, Тибет, Китай, Корея, Японія, ячмінь як харчовий продукт взагалі ніколи не втрачав свого важливого значення [4]. Увага до ячменю особливо посилилась в останні 10—15 років у зв'язку з новітніми клінічними, дієтологічними і біохімічними дослідженнями продуктів із його зерна, що були виконані в лабораторіях провідних країн світу, які довели винятково високу харчову цінність ячмінного зерна, насамперед його здатність слугувати профілактичним засобом проти таких найтяжчих недугів останнього століття, як коронарна хвороба серця, діабет, рак кишківника [6, 14, 18, 20, 23]. Вкрай висока харчова цінність зерна ячменю пов'язана з вмістом у ньому унікальних некрохмалистих полісахаридів (1,3)(1,4)- β -D-глюканів (спрощено — β -глюканів), цілого комплексу речовин із широким спектром антиоксидантної активності (токоли, фітостероли, флавоноли, фітофеноли), комплексу вітамінів групи В, ніотинової кислоти, цінних мінералів [7, 12, 15, 21, 22]. У розвинутих країнах світу ячмінь почали активно використовувати для виробництва харчових продуктів як у чистому вигляді (круппи, пластівці, борошняні вироби), так і в суміші з борошном пшениці

[3, 8, 10, 11, 16]. Особливо популярним у харчовій промисловості стає голозерний ячмінь, який значно придатніший для технологічної переробки, ніж плівчастий. На відміну від останнього голозерний ячмінь під час технологічної переробки втрачає значно менше біологічно цінних речовин, які містяться в оболонці зерна і зародку.

На теренах колишнього СРСР, у тім числі й в Україні, на жаль, ще мало відомо про унікальну харчову цінність ячмінного зерна. Наукові дослідження в цьому напрямі практично не ведуться, а сортів ячменю спеціального харчового призначення (насамперед голозерного) в Україні немає. У зв'язку з цим у відділі генетичних основ селекції СГІ розгорнуто програму створення селекційного матеріалу голозерного ячменю харчового (кормового) використання. Ця програма ґрунтується на генетичній варіабельності, яка часом докорінно відрізняється від застосовуваної в селекції плівчастого ячменю переважно пивоварного напрямку технологічного використання. Технологія селекції голозерного ячменю включає всі проблеми селекції плівчастого ячменю та цілу низку специфічних завдань, пов'язаних із фізичними характеристиками зерна без півки та його біохімічними і технологічними властивостями.

Метою нашої роботи було визначення генетичних та селекційних критеріїв створення і добору селекційного матеріалу голозерного ячменю харчового напрямку технологічного використання зерна.

Методика

Досліджували зерно районованих сортів плівчастого ячменю, перспективних селекційних ліній голозерного ячменю, створених у відділі генетичних основ селекції на основі схрещування плівчастих сортів селекції СГІ із сортами ярого голозерного ячменю (в тім числі сортами ячменю ваксі Alamo, Candle), отриманими з Канади (Prof. V. Rossnagel, CDC, Saskatchewan, Канада), лініями сорту Golden Promise, отриманими зі США (Prof. Ann Blechl, WRRC, USDA, California, США). Електрофоретичний аналіз гордеїнів виконували згідно з прийнятою у відділі генетичних основ селекції СГІ стандартною процедурою міні-SDS-електрофорезу [2]. Генотипи ваксі ідентифікували методом йодної проби та ПЛР-аналізу. Вміст β -глюканів визначали за стандартною процедурою компанії «Megazyme» та за допомогою NIR-аналізатора «SpectraAlyzer premium» виробництва німецької компанії «Zeutec», вміст крохмалю — за ГОСТ 10845—98, вміст білка — за міжнародним стандартом ISO 1871. Зразки зерна ферментували згідно з галузевим стандартом ГСТУ 46.045—2003. Процедури ферментації й дистиляції виконували з використанням сконструйованого у відділі генетичних основ селекції СГІ лабораторного реактора-ферментатора та лабораторної дистиляційної установки. Концентрацію етанолу після ферментації встановлювали за допомогою високоточних пікнометрів і спеціальних розрахункових таблиць. Вміст олії в зерні та зернопродуктах визначали за стандартом ISO 659, вміст жирних кислот в олії — методом газової хроматографії в ультратонкій колонці на хроматографі «Shimadzu 2014» за методами ISO 5508 та ISO 5509.

Результати та обговорення

Як уже зазначалось, однією з найважливіших складових зерна ячменю, що визначає його харчову цінність, є вміст β -глюканів. Стандартний ме-

тод аналізу вмісту β -глюканів у зерні, розроблений ірландською компанією «Megazyme», ухвалений аналітичним комітетом Королівського австралійського хімічного інституту і визнаний в усьому світі. Принцип методу: зразки зважують і гідратують у буферному розчині, додають очищену ліхеназу ($[(1-3)(1-4)]$ - β -*D*-глюканаза), після закінчення гідролізу розчин фільтрують. На кінцевому етапі певну кількість фільтрату гідролізують ферментом β -глюкозидазою, масу отриманої *D*-глюкози визначають спектрофотометрично за довжини хвилі 510 нм і обчислюють вміст β -глюканів.

Методом Megazyme ми аналізували вміст β -глюканів у зерні зразків колекції сортів і генетичних ліній голозерного і плівчастого ячменю. Однак він доволі трудомісткий, тривалий і непридатний для виконання великої кількості аналізів, необхідних для генетичних і селекційних досліджень. Тому для визначення вмісту β -глюканів у зерні зразків ячменю ми скористались експресним методом інфрачервоної спектроскопії в ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR). Для цього прокалібрували NIR-аналізатор за даними вмісту β -глюканів, отриманими методом Megazyme. ІЧ-спектри пропускання вимірювали приладом «SpectraAlyzer premium» — двопроменевим аналізатором, що визначає властивості речовини в ближньому ІЧ-діапазоні хвиль 1445—2348 нм.

Калібрування виконано з використанням 85 зразків голозерного і плівчастого ячменю з широким діапазоном показників за вмістом β -глюканів (3,82—8,6 %). На основі даних NIR-спектроскопії розраховано калібрувальну модель, яка пов'язувала вміст β -глюканів у зразках із результатами спектрального аналізу. Коефіцієнт кореляції між фактичними показами приладу й передбачуваними становив $r = 0,9382$, що цілком прийнятно для його використання для визначення вмісту β -глюканів у зерні ячменю (рис. 1).

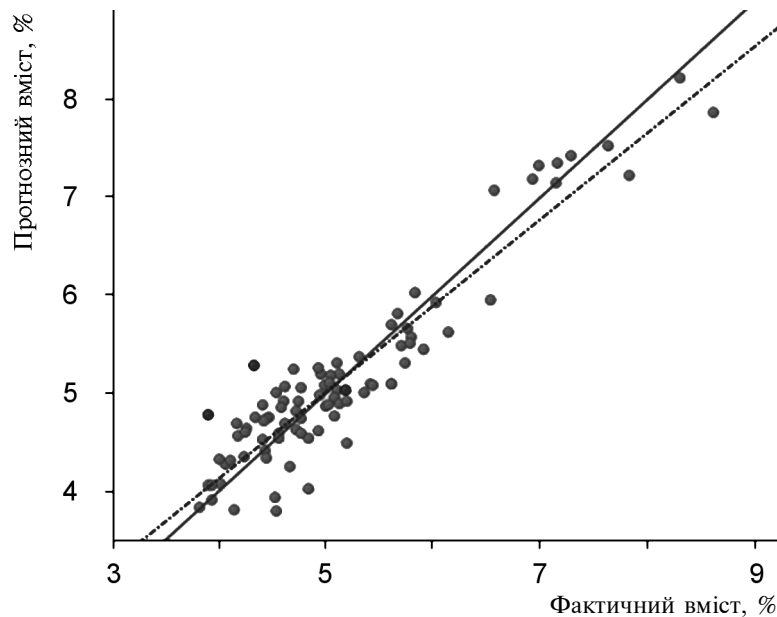


Рис. 1. Кореляційна залежність між фактичним і прогнозним вмістом β -глюканів у зерні ячменю

ТАБЛИЦЯ 1. Вміст β -глюканів, білка в зерні та маса 1000 зернин у сортів і ліній ячменю

Група ячменю	Вміст, % на абсолютно суху речовину		Маса 1000 зернин, г
	β -глюканів	білка	
Плівчастий (стандарти, $n=14$)			
середнє значення	4,69	12,5	45,0
діапазон	3,90—5,78	11,2—14,3	40,8—49,1
Голозерний ($n=60$)			
середнє значення	4,86	14,36*	37,3*
діапазон	3,90—6,53	11,9—17,4	27,5—51,2
Голозерний ваксі ($n=11$)			
середнє значення	7,31*	15,1*	34,8*
діапазон	6,56—8,60	13,8—17,3	30,4—42,1

*Різниця порівняно з плівчастим стандартом вірогідна за $P \leq 0,05$.

У табл. 1 наведено середні дані та діапазон мінливості вмісту β -глюканів і білка у зерні ячменю різних груп. Зразки голозерного ячменю відрізнялись від плівчастого підвищеним вмістом β -глюканів, однак ця різниця була невірогідною. Разом з тим знайдено вірогідну різницю між цими групами ячменю за вмістом білка в зерні на користь голозерних зразків. Зразки голозерного ячменю ваксі вірогідно відрізнялись від плівчастого за вмістом як білка, так і β -глюканів, хоча й мали в середньому вірогідно меншу масу 1000 зернин, що пояснюється відсутністю плівки яка становить 10—15 % маси зерна. В результаті виконаного аналізу ми виділили найперспективніші за вмістом білка (>17 %) β -глюканів (9 %) у зерні зразки, цікаві для схрещувань і подальшої роботи з ними.

Серед селекційних сортів плівчастого ячменю найвищі показники за вмістом β -глюканів мали сорти Сталкер (5,78 %), Водограй (5,19 %) і Гетьман (5,18 %). Ми їх використовуватимемо як базові генотипи у схрещуваннях з метою підвищення вмісту β -глюканів у зерні ячменю.

Джерелом гена ваксі (*wax*-блокований синтез ключового ферменту GBSS біосинтезу амілози) в усіх досліджених зразків ячменю були два комерційні сорти голозерного ячменю канадської селекції Alamo і Candle. Весь матеріал голозерного ячменю (ярий і озимий) включно з гібридами ранніх поколінь (F_3 , F_4) та константними селекційними лініями аналізували за тестом на наявність гена *wax* (хромосома 7HS). Для цього від індивідуальних доборів (колосся) перед посівом відбирали по 4 зернини, подрібнювали й аналізували у розчині Люголя (йод кристалічний : йодид калію : вода у співвідношенні 1 : 2 : 17). Урожай ділянкових посівів 6 і 10 м² аналізували по 10 рендомізовано відібраних зернин із кожної. Виключно лише ідентифіковані *wax* гомо/гетерогенні генотипи застосовували для схрещувань і доборів.

Цілозмілене зерно ячменю як цінний дієтичний продукт у багатьох розвинутих країнах використовується в суміші з борошном пшениці для виробництва хліба та різних хлібобулочних виробів. У перспективі ми також плануємо дослідити технологічні й хлібопекарські властивості селекційних ліній голозерного ячменю у сумішах борошна ячменю та пшениці. На сьогодні виконано попередні дослідження впливу різних часток

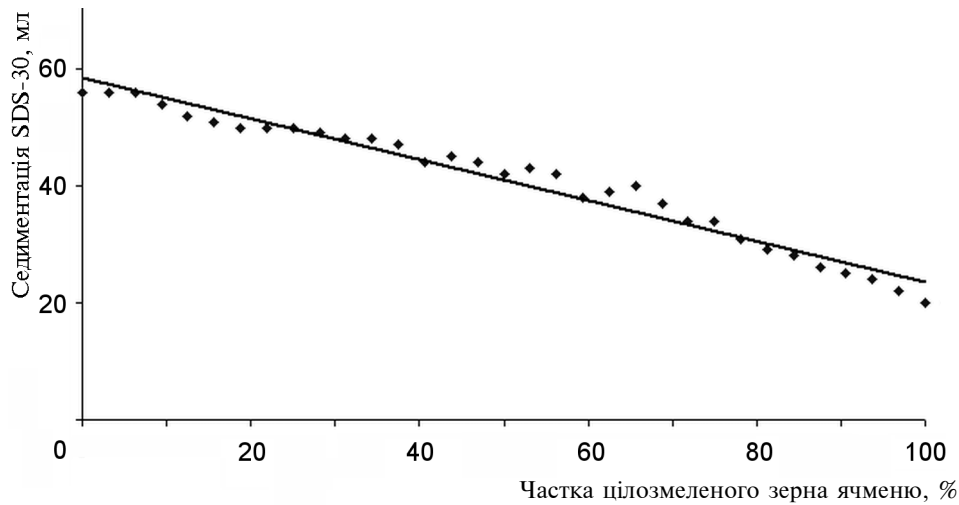


Рис. 2. Вплив на показник седиментації SDS-30 заміщення частки борошна пшениці (сорт Куяльник) на оббивне борошно голозерного ячменю (сорт Ахіллес)

оббивного борошна голозерного ячменю (100 % вихід) сорту Ахіллес у суміші з борошном хлібопекарського гатунку (70 % вихід) сорту пшениці Куяльник. Як тест хлібопекарської якості борошносуміші використано розроблений у відділі генетичних основ селекції метод седиментації SDS-30. Аналізували стандартні наважки 3,2 г з поступовим підвищенням заміщення частки пшеничного борошна на наважку оббивного борошна ячменю з кроком 0,1 г. Отримані результати наведено на рис. 2.

З наведених на рисунку даних видно, що заміна частки борошна пшениці на оббивне борошно голозерного ячменю приводить до чітко вираженого лінійно закономірного зниження седиментації SDS-30 борошносуміші. Це означає, що оббивне борошно ячменю містить чинник (чинники), що знижують хлібопекарську якість борошносуміші пшениця + ячмінь. Як свідчать літературні джерела, такими чинниками можуть бути: а) білки ячменю; б) β -глюкани. Незважаючи на те що борошносуміші пшениця + ячмінь широко використовуються у виробництві дієтичних хлібопродуктів, досі не з'ясовано, що саме: білки ячменю, β -глюкани чи обидва ці чинники разом негативно впливають на хлібопекарські якості борошносумішей пшениця + ячмінь. Для вивчення цього питання ми проводимо дослідження щонайменше у трьох незалежних напрямках.

Перший — вивчення впливу різного вмісту білка на хлібопекарські властивості борошносуміші одного й того самого сорту ячменю Ахіллес. Другий — дослідження впливу різного вмісту β -глюканів на хлібопекарські властивості борошносуміші пшениця + ячмінь за використання борошна ячменю рекомбінантно-інбредних ліній ваксі (високий вміст β -глюканів) і нормальних не ваксі (низький вміст β -глюканів) ліній, отриманих від одної й тої самої комбінації схрещування за участю батьківських генотипів, один з яких ваксі. Третій — використання у борошносумішах ліній голозерного ячменю з генами *Glu-D1x5*, *Glu-D1y10*, *Glu-D1x5+y10*, що кодують біосинтез клейковинних білків пшениці, які сильно позитивно впливають на якість борошна. Ідея дослідження полягає в

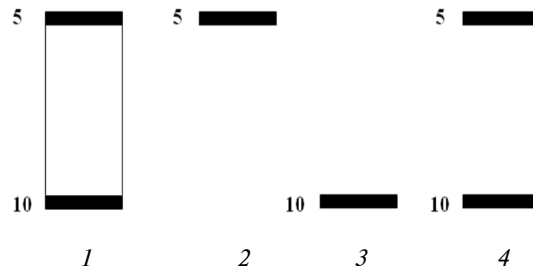


Рис. 3. Субодиниці високомолекулярних ВМ-глютенінів пшениці, що кодуються локусом *Glu-D1* пшениці — стандарт (1) та субодиниці *Glu-D1x5* (2), *Glu-D1y10* (3), *Glu-D1x5+y10* (4)

тому, що борошно ячменю з клейковинними білками пшениці априорі мало б, на відміну від борошна звичайного ячменю, не так істотно знижувати хлібопекарську якість борошносумішей пшениця + ячмінь. Для виконання цього досліді ми створили рекомбінантно-інбредні лінії схрещуванням голозерного ячменю сорту Ахіллес з трьома оригінальними лініями плівчастого ячменю сорту Golden Promise з трансформованими генами *Glu-D1x5*, *Glu-D1y10* і *Glu-D1x5+y10* пшениці (рис. 3).

Тобто у нашому випадку дві лінії ячменю містять «частки» *Glu-D1x5* і *Glu-D1y10* пшеничного кластера локусу *Glu-D1x5+y10* і одна лінія — власне сам цей локус. Такий дослід дасть нам можливість вивчити вплив окремо субодиниці x5 високомолекулярних глютенінів пшениці, субодиниці y10 та обох субодиниць x5+y10 разом на властивості змішаного борошна ячменю з борошном пшениці (рис. 4).

Одним із найважливіших чинників харчової цінності зерна ячменю, як уже згадувалось, є вміст у ньому β-глюканів. Генотипи ваксі ячменю на відміну від звичайного у зв'язку зі специфічними особливостями біосинтезу крохмалю мають значно (майже вдвічі) підвищений вміст у зерні β-глюканів. Тому багато селекційного матеріалу голозерного ячменю ми

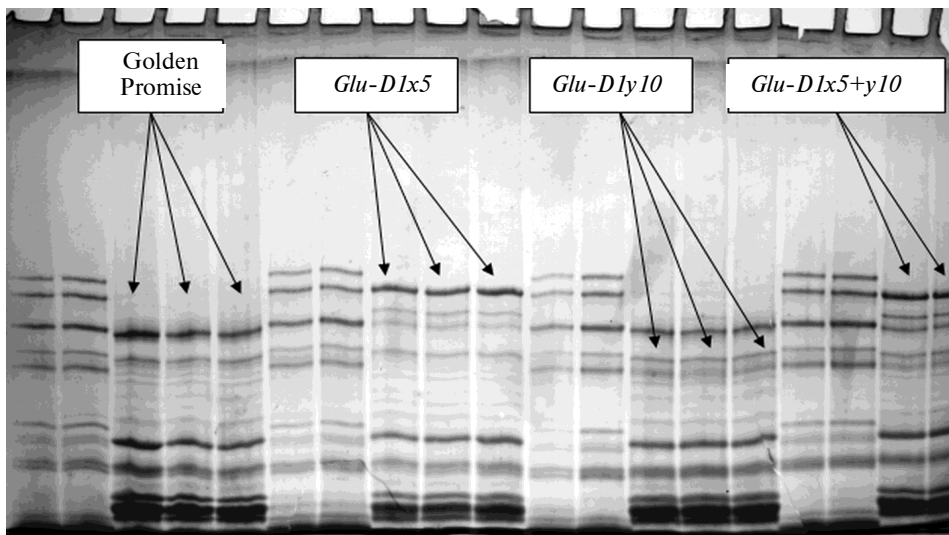


Рис. 4. Електрофореграми міні-SDS-електрофорезу ВМ-глютенінів ліній плівчастого ячменю сорту Golden Promise

створюємо на базі генотипів ваксі. Весь матеріал від схрещувань за участю генотипів ваксі перед висіванням ми обов'язково ідентифікуємо за ознакою ваксі крохмалю: пурпурне забарвлення (на відміну від фіолетового у нормі) крохмальних зерен у розчині Люголя. З кожного колоса відбирали по 4 зернини для ідентифікації генотипів ваксі. Таким чином ми проаналізували кілька сотень генотипів від різних схрещувань.

У схрещуваннях з генотипами голозерного ячменю ваксі використано понад 60 сортів ярого та озимого плівчастого ячменю як вітчизняного, так і закордонного походження, що вже занесені або ще не занесені в Держреєстр сортів рослин України. Ми сформували численну колекцію практично всіх сортів ярого ячменю, що занесені в Держреєстр сортів рослин України, і значну частину колекції сортів озимого плівчастого ячменю селекції Краснодарського НДІСГ (Росія). В колекції представлений вельми різноманітний генетичний матеріал, у тім числі з цікавими особливостями колоса: дворядним, шестирядним, з короткими остями, фуркатним.

Сезон 2011/2012 р. виявився екстремальним за кліматичними умовами: критичний стан озимих посівів через гострий дефіцит вологи в період сівби та розвитку рослин. У зв'язку з цим озимі посіви увійшли в зиму у фазі 2—3 листків і навіть без зачатка вузла кушіння. Температура взимку на глибині вузла кушіння знижувалась до -16°C . Як результат, практично весь селекційний розсадник і значна частина ділянкових посівів озимого ячменю загинули, повністю загинув і стандарт одеської селекції сорт-дворучка Достойний. Однак збереглася низка ділянок, на яких перезимувало практично 100 % рослин. Серед них виявилось більшість зразків голозерного ячменю ваксі. Цей матеріал був активно використаний у програмі схрещувань озимого ячменю.

В польових дослідях ми вивчали зернову продуктивність селекційного матеріалу перспективних ліній ярого голозерного ячменю походженням від різних схрещувань у порівнянні з відомими сортами-стандартами плівчастого ячменю та нашим сортом голозерного ячменю Ахіллес, що знаходиться в Державному сорто випробуванні (табл. 2).

Як уже зазначалось, зерно голозерного ячменю не містить плівки, яка в середньому становить 10—15 % маси зерна плівчастого ячменю. Тому теоретично будь-який сорт плівчастого ячменю даватиме вищий на цю величину урожай зерна (урожай бруто), ніж сорт голозерного. Отже, для об'єктивного порівняння фактичного урожаю чистого зерна плівчастого сорту (урожай нетто) з голозерним слід ураховувати цю різницю. З даних табл. 2 видно, що в досліді представлено доволі багато зразків, які за урожаем зерна не поступаються кращим сортам-стандартам плівчастого ячменю.

Із результатів польових спостережень 2012 р. можна також дійти попереднього висновку щодо вищої посухостійкості більшості наших перспективних ліній голозерного ячменю порівняно з відомими сортами-стандартами плівчастого ячменю. Найліпшим і доволі типовим прикладом польових спостережень є порівняння одного з наших перспективних зразків голозерного ячменю, який найближчим часом передаватиметься до Державного сорто випробування під назвою Гладіатор, з одним із найкращих сортів плівчастого ячменю селекції СГІ — Достойний. Обидва зразки, що є дворучками за типом розвитку, із шестирядним колосом,

ТАБЛИЦЯ 2. Урожайність константних ліній ярого голозерного ячменю (урожай 2012 р., площа ділянок 10 м²)

№ ділянки	Походження	Маса зерна ,кг	% до півчастого сорту-стандарту
2008	St Ахіллес (голозерний)	4,71	102,6
2009	St Геліос (півчастий)	4,59	100,0
2024	St Ахіллес (голозерний)	4,82	100,2
2025	St Командор (півчастий)	4,81	100,0
2026	Candle x Henley Wx	4,78	99,4
2029	Candle x Henley Wx	4,63	96,3
2030	Candle x Henley Wx	4,95	102,9
2031	Candle x Henley Wx	5,05	105,0
2037	Mc Gwire x Henley	5,18	105,9
2042	Mc Gwire x Henley	4,73	96,7
2044	Mc Gwire x Henley	4,76	97,3
2046	St Ахіллес (голозерний)	4,54	92,8
2047	St Святогор (півчастий)	4,89	100,0
2049	Mc Gwire x Henley	4,72	96,1
2055	Mc Gwire x Henley	4,93	100,8
2059	Gainer x Henley	4,71	101,7
2061	Gainer x Henley	4,46	96,5
2062	Gainer x Henley	4,59	99,4
2064	Gainer x Henley	4,52	97,8
2065	St Ахіллес (голозерний)	5,01	108,4
2066	St Гетьман (півчастий)	4,62	100
2068	Gainer x Henley	4,45	96,3
2069	Gainer x Henley	4,43	95,2
2070	Gainer x Henley	4,66	100,9
2071	Gainer x Henley	4,71	101,9
2072	Gainer x Henley	4,96	107,4
2073	Gainer x Henley	5,38	116,5
2074	Gainer x Henley	5,13	110,4
2078	(BRL6 x Гетьман) x Linus	5,43	104,2
2079	(BRL6 x Гетьман) x Linus	5,21	100,0
2084	St Ахіллес (голозерний)	4,98	95,6
2085	St Водограй (півчастий)	5,21	100,0

були висіяні навесні. Весняний період до виколошування й аж до наливання зерна позначився сильною посухою. Рослини сортів-стандартів (у тім числі Достойний) були пригніченими і викинули колос безпосередньо над прапорцевим листком (характерна реакція на посуху чутливих до

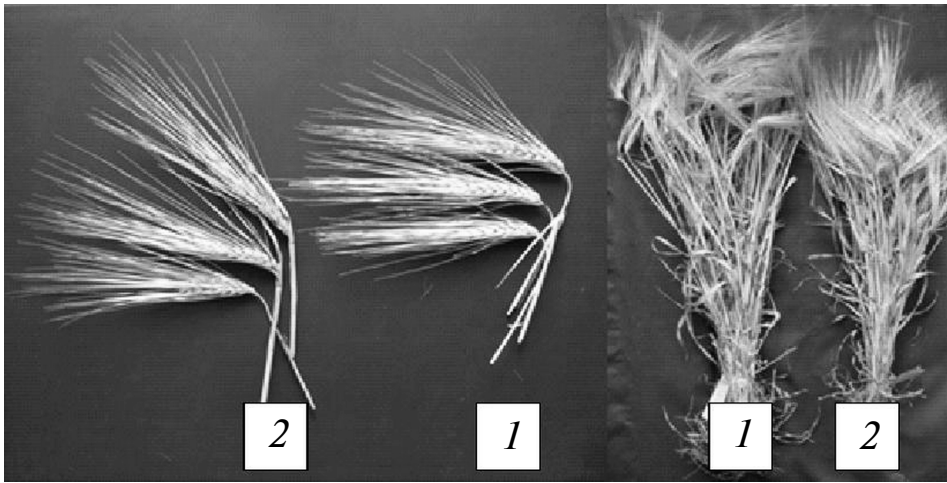


Рис. 5. Колосся і рослини лінії Гладіатор (1) і сорту Достойний (2)

неї сортів). Разом з тим більшість зразків голозерного ячменю в нашому досліді такої реакції не виявляли. Рослини лінії Гладіатор виглядали міцнішими і мали вищу, ніж у сорту Достойний, зернову продуктивність (рис. 5).

Однією з негативних ознак зерна голозерного ячменю є слабка стійкість зародка до механічної дії робочих органів молотильних механізмів (комбайн, молотарка) і як наслідок — зниження польової схожості насіння. Для усунення цього недоліку в процесі селекції важливе значення має контроль за формою зернівки та характером розміщення зародка, його морфологія.

У польових дослідях з ярим голозерним ячменем ми ретельно вивчили особливості морфології зерна та зародка на доборах його константних ліній. Для цього підраховували кількість зернівок із кожного індивідуально обмолоченого лабораторною молотаркою колоса, в умовних термінах описували забарвлення, форму зернівок, характер розміщення зародка. Після посіву визначали кількість рослин із зерна кожного колоса, що зійшли в польових умовах, та кількість рослин, що залишились до моменту збирання врожаю. У досліді було представлено близько 5000 генотипів. Висновок із цих досліджень такий: головними критеріями стійкості зародка голозерного ячменю до механічної дії молотильних органів є польова схожість та кількість нормально розвинених рослин в умовах польового досліду. Ймовірно також, що округле зерно зі схованим за периметр зернівки зародком є найприйнятнішим варіантом для ефективного добору ліній голозерного ячменю з зародком, стійким до механічної дії при обмолоті (рис. 6).

Зерно ячменю як харчовий продукт використовується не лише для виробництва харчових виробів, таких як крупи, пластівці, кондитерські вироби, хліб, а й для виробництва спирту і широко відомих у світі алкогольних напоїв, наприклад віскі. Поліпшення ферментабельності зерна ячменю (ефективності трансформації зерна в етанол) має важливе економічне значення при виробництві алкогольних напоїв із ячмінного збіжжя. За підрахунками англійських експертів, підвищення виходу спирту з ячмінного зерна лише на 1 % при виробництві у Великій Бри-

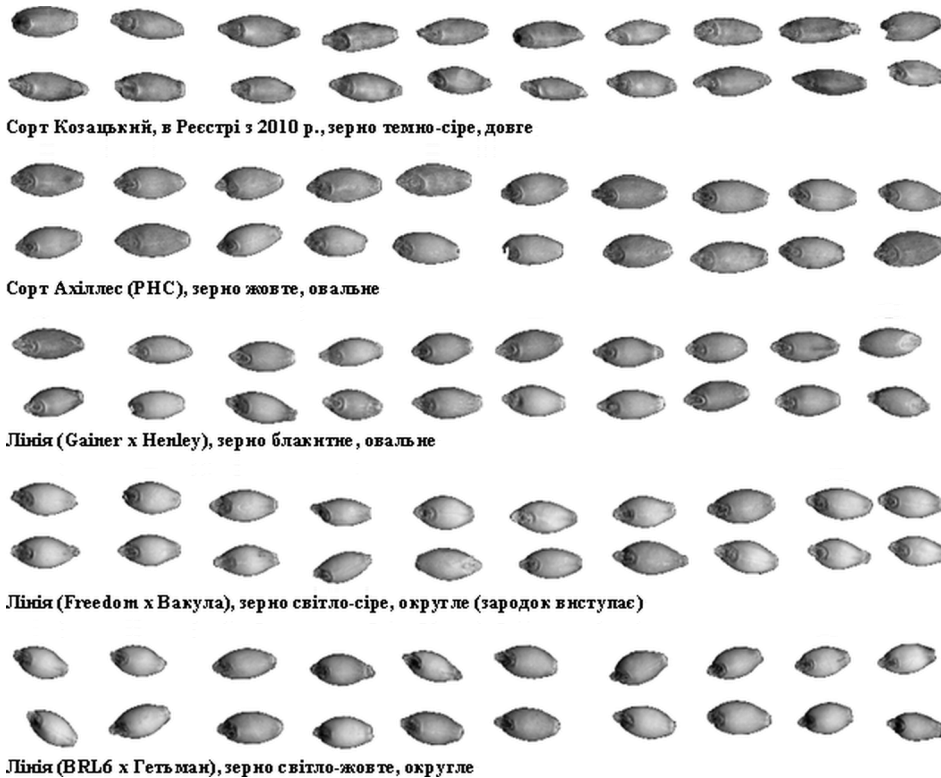


Рис. 6. Колір і форма зернівок кращих ліній голозерного ячменю

танії популярної марки «Шотландське віскі» дало б річний прибуток у розмірі 1,1 млн фунтів стерлінгів [19].

Тому ми передбачили також дослідження ліній голозерного ячменю за ознакою ферментабельності. Основним продуктом зерна, що трансформується в ході послідовних ферментативних реакцій в етанол, є крохмаль. Отже, від вмісту крохмалю в зерні та його хімічного складу залежать показник ефективності трансформації крохмалю в етанол (ферментабельність), вихід спирту з 1 т ферментованого зернового збіжжя, економічна ефективність переробки зерна на харчовий спирт.

Крохмаль зерна ячменю, як і більшості зернових культур, у середньому складається з 20–25 % амілози (лінійний полімер глюкози) і 70–75 % амілопектину (розгалужений полімер глюкози), має кілька показників фізичної та хімічної якості, що характеризують його ферментабельність: співвідношення амілоза/амілопектин, кристалічна структура, форма і фізичний розмір крохмальних гранул, співвідношення різних типів крохмальних гранул (гранулометрія), їх фізична стійкість проти механічної дії лопатей млина при помелі зерна тощо. Тому крохмаль зернових культур у термінах ферментабельності поділяють на дві основні фракції, одна з яких легко ферментується, інша — стійка до амілолітичних ферментів, практично не ферментується і не трансформується в етанол. Стійкі крохмальні гранули відрізняються від звичайних наявністю кристалічної структури, значно менш піддатливої до дії кислот чи ферментативного гідролізу за участю амілаз. Виділяють іще фізично блокований крохмаль, що знаходиться у зерновій речовині, яка блокує або затримує його взаємодію з ферментами.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ СОЗДАНИЯ СОРТОВ

ТАБЛИЦА 3. Вміст крохмалю в зерні ячменю

Тип ячменю	Кількість ліній, шт.	Вміст крохмалю, % у перерахунку на суху речовину	
		в середньому	± до півчастого
Плівчастий	8	61,4	—
Голозерний	9	64,4	+3,0**
Голозерний ваксі	6	63,0	+1,6*
НІР _{0,05}		1,6	
НІР _{0,01}		2,0	

Примітка. Тут і в табл. 4—7 різниця вірогідна за: * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$.

ТАБЛИЦА 4. Вміст білка в зерні ячменю

Тип ячменю	Кількість ліній, шт.	Вміст білка, % у перерахунку на суху речовину	
		в середньому	± до півчастого
Плівчастий	8	11,8	—
Голозерний	9	13,1	+1,3**
Голозерний ваксі	6	12,5	+0,7*
НІР _{0,05}		0,7	
НІР _{0,01}		1,0	

Отже, ферментабельність зерна є доволі складною ознакою, залежною як від умов вирощування зернової культури (вміст крохмалю), так і від впливу генетичних чинників, що контролюють ферментативні процеси біосинтезу крохмалю та його складових. Серед відомих генетичних чинників, які найістотніше впливають на хімічну структуру і фізичні властивості крохмалю й крохмальних гранул, вирізняють систему генів ваксі (*wx* або *wax*), що блокують біосинтез амілози, та генів, які впливають на консистенцію ендосперму зернівки, її твердість.

Це означає, що висока ферментабельність зерна не може бути результатом випадкового збігу неконтрольованих чинників. Вона може формуватись у процесі цілеспрямованого комбінування генетичних чинників позитивного впливу на ферментабельність, цілеспрямованої селекції генотипів із високою ферментабельністю зерна і створення на цій основі спеціальних сортів спирто-дистилятного напрямку використання.

Ми порівнювали отримані нами лінії плівчастого і голозерного ячменю за ознакою ферментабельності. Відмінність між цими двома сорто-типами полягає лише у наявності/відсутності зернової плівки, що контролюється геном *Nud* (плівчастий)/*nud* (голозерний), який розміщений на хромосомі 1(7H).

Оскільки основним інгредієнтом сировини, призначеної для виробництва етанолу, є крохмаль, то отримані нами селекційні лінії, серед яких представлені також лінії ваксі, були досліджені за його вмістом (табл. 3).

Як і очікувалось, найвищий вміст крохмалю виявлено в лінії голозерного ячменю — в середньому 64,4 %, що на 3 % більше за середній його вміст у плівчастого ячменю. Дещо менша перевага за цим показником була у голозерного ячменю ваксі, проте вірогідна за 5 %-го рівня значу-

щості. За середнім вмістом білка вірогідна різниця спостерігалась між плівчастим і голозерним типами ячменю на користь останнього (табл. 4). Вміст білка в зерні — важливий показник харчової цінності зернової сировини та її придатності для виробництва спирту. Ми спостерігали чітку зворотну залежність між вмістом білка та вмістом крохмалю ($R^2 = 0,80$). Добір кращих зразків у селекційних популяціях на високий вміст крохмалю ймовірно супроводжуватиметься зниженням вмісту білка в зерні.

Досліджувані зразки ячменю істотно відрізнялись за вмістом β -глюканів. Так, максимальні значення були зафіксовані серед ліній голозерного ячменю ваксі — від 7,0 до 8,3 %, у середньому — 7,31 %, що більше ніж на 3 % порівняно з генотипами плівчастого ячменю. Очевидно, підвищений вміст у зерні β -глюканів та ознака ваксі пов'язані між собою. Це пояснюється тим, що у ячменів ваксі процес трансформації глюкози в крохмаль блокований генетично й метаболізм за участю глюкози частково спрямований в бік біосинтезу β -глюканів. Разом із співробітниками Інституту клітинної біології і генетичної інженерії НАН України було розроблено процедуру ідентифікації гена *wax* ячменю за допомогою специфічних молекулярних маркерів.

Ми дослідили ефективність біохімічної трансформації крохмалю зерна в спирт у селекційних ліній голозерного і плівчастого ячменю. Критерієм для порівняння зразків ячменю за ознакою ферментабельності зерна слугував показник вихід етанолу з 1 т зерна. Цей показник у лінії голозерного ячменю був у середньому на 28 л більшим. Причиною цього, очевидно, є вищий вміст крохмалю в голозерному ячмені порівняно з плівчастим (в окремих ліній на 8 %). А перевага зразків голозерного ячменю ваксі над зразками плівчастого становила 49 л (!) етанолу з 1 т збіжжя. До того ж помітною була різниця в його виході й між селекційними лініями голозерного ячменю з нормальним і блокованим синтезом амілози — в середньому 21 л з 1 т, що наочно ілюструє рис. 7.

Відмінність між досліджуваними селекційними лініями голозерного ячменю полягає перш за все у фізико-хімічних властивостях крохмалю. В генотипах ячменю ваксі його склад аномальний: із нульовим вмістом амілози. Очевидно, що як і у пшениць та кукурудзи ваксі, крохмальні гранули ячменю ваксі нестійкі до механічної дії при помелі зерна, тому значна їх частина руйнується. Це супроводжується значним збільшенням загальної активної фізичної поверхні крохмалю та його ефективнішою

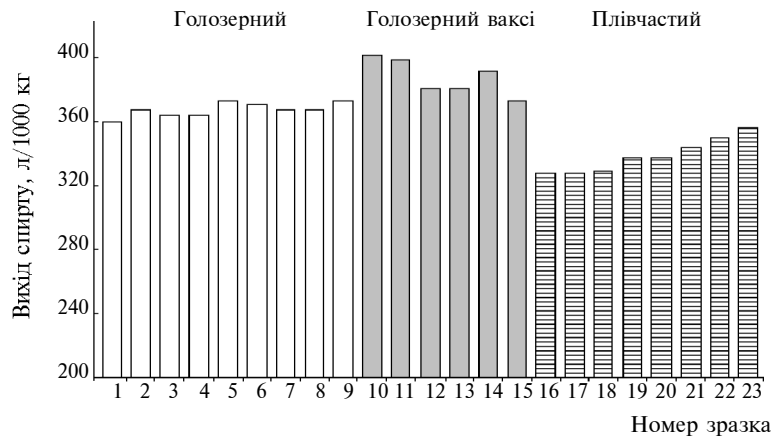


Рис. 7. Вихід етанолу (л) із 1000 кг зерна селекційних ліній голозерного і плівчастого ячменю

ТАБЛИЦА 5. Вміст білка в сухому залишку після ферментації та дистиляції зерна ячменю

Тип ячменю	Кількість ліній, шт.	Вміст білка, %	
		в середньому	± до плівчастого
Плівчастий	8	31,5	—
Голозерний	9	41,0	+10,5**
Голозерний ваксі	6	42,9	+11,4**
НІР _{0,05}		3,8	
НІР _{0,01}		5,1	

ферментацією. Крім того, крохмаль амілопектинового типу краще ферментується. Так, вміст крохмалю в сухому залишку після ферментації й дистиляції у генотипів ячменю ваксі мінімальний — 1,1 %, що на 0,6 % менше, ніж у генотипів плівчастого ячменю. Це і є підтвердженням того, що крохмаль з мінімальним вмістом амілози ефективніше трансформується в спирт.

Важливим за господарським значенням продуктом переробки зерна на спирт є сухий заброджений залишок (СЗЗ) після дистиляції зернового збіжжя. Це органічна маса, що пройшла кілька стадій температурної обробки, фази ферментації, дріжджового бродіння, дистиляції та висушування. Вона має високу кормову цінність, оскільки містить легко перетравлюваний білок, рештки крохмалю, бактеріальні білки. Вміст білка в СЗЗ ячменю наведено в табл. 5.

Як і очікувалось, мінімальний вміст білка був у генотипів плівчастого ячменю, адже значну частку маси його зернівки становить неперетравна клітковина, яка складається переважно з плівки. Перевага зразків голозерного ячменю з нормальним і модифікованим крохмалем над плівчастим за вмістом білка в СЗЗ доволі істотна і становить відповідно 10,5 та 11,4 %, що вірогідно за 0,05 і 0,01 рівнів значущості.

Важливим показником харчової цінності ячменю є вміст у його зерні олії та її жирнокислотний склад. Досліджено отримані нами перспективні селекційні лінії голозерного ячменю ваксі. Максимальний вміст олії 3,24 % виявлено в зерні лінії № 2019, найнижчий — 2,38 % — у зерні ячменю плівчастого сорту Командор.

За властивостями найважливішими для здорового харчування людини є олеїнова (С18 : 1) та ліноленова (С18 : 3) жирні кислоти. Ліноленова кислота ω-3 особливо цінна, оскільки бере участь у стратегічно важливих процесах метаболізму жирів в організмі людини. За вмістом олеїнової кислоти в олії найвищий показник — 21,11 % — виявлено в зерні ячменю плівчастого сорту Командор. Дещо поступалася йому за цим показником (19,52 %) краща лінія голозерного ячменю ваксі № 2024. Отже, сорт Командор може бути донором у схрещуваннях з метою поліпшення голозерного ячменю за вмістом олеїнової кислоти. Вміст олеїнової кислоти в олії ячменю відповідає середньому її вмісту в соняшниковій олії. Що ж стосується вмісту в олії ячменю цінної ліноленової кислоти, то за цим показником вона більш як у 20 разів перевершує соняшкову олію. Так, у соняшниковій олії середній вміст ліноленової кислоти сягає 0,2 %, тоді як у нашої кращої лінії голозерного ячменю ваксі № 2031 цей показник становить 5,49 %, а в канадського голозерного сорту McGwire він найвищий — 5,66 %. Отже, голозерний ячмінь є цінним джерелом не-

ТАБЛИЦЯ 6. Розчинність білків крупи голозерного ячменю у 50 %-му розчині 1-пропанолу

Лінія, сорт	Вміст білка в крупі, %	Розчинність білка, %	Порівняно із сортом пшениці Селянка, %
2019 Wx	15,60	40,3	+18,6**
2020 Wx	15,35	40,2	+18,5**
2021 Wx	15,03	41,1	+19,4**
2022 Wx	15,86	45,3	+23,6**
2023 Wx	15,55	42,0	+20,3**
2024 Wx	15,46	41,3	+19,6**
2026 Wx	15,89	39,3	+17,6**
2028 Wx	15,76	45,9	+24,2**
2029 Wx	15,46	43,8	+22,1**
2030 Wx	15,31	40,2	+18,5**
2031 Wx	15,20	39,1	+17,4**
2048	15,57	37,5	+15,8**
2055	15,37	39,5	+17,8**
2059	16,03	36,6	+14,9**
2079	14,41	33,4	+11,7**
2083	15,96	35,8	+14,1**
2096	17,31	19,6	+2,1
«Жменька»	11,02	29,3	+7,6**
Ахіллес	19,94	42,0	+20,3**
Пшениця Селянка	16,00	21,7	—
НР _{0,05}		3,27	
НР _{0,01}		4,48	

замінних жирних кислот і має перспективу поліпшення за рахунок сортів-донорів плівчастого ячменю.

Одним із критеріїв харчової цінності білків зернових культур є їх розчинність, й отже, доступність для протеолізу та ефективність засвоєння у процесі перетравлювання їжі. Важкорозчинні та нерозчинні білки, які значно стійкіші за розчинні до протеолітичних ферментів, гірше засвоюються. Частку високомолекулярних нерозчинних стійких до протеолізу білків пшениці можна визначити екстрагуванням розмеленого зерна чи борошна у 50 %-му розчині 1-пропанолу [5]. Цією процедурою ми скористались для порівняльного аналізу розчинності білків крупи перспективних ліній голозерного ячменю відомих сортів і дикорослих видів пшениці. Результати досліджень наведено в табл. 6 і 7.

Дані табл. 6 характеризують розчинність білків крупи із зерна голозерного ячменю (в тім числі ліній ваксі), нашого сорту Ахіллес, комерційного зразка ячмінної крупи з плівчастого ячменю виробництва відомої української фірми «Жменька» та із зерна пшениці сорту Селянка.

Крупу (не зерно) голозерного ячменю ми досліджували з тих міркувань, що саме цей продукт готовий для кулінарної обробки і споживан-

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ СОЗДАНИЯ СОРТОВ

ТАБЛИЦА 7. Розчинність білків зерна культурних сортів і дикорослих видів пшениці у 50 %-му розчині 1-пропанолу

Лінія, сорт	Вміст білка в зерні, %	Розчинність білка, %	Порівняно із сортом пшениці Селянка, %
Куяльник	16,5	25,8	+4,1
Селянка	16,0	21,7	—
<i>T. durum</i>	18,0	53,2	+31,5**
<i>T. spelta</i> (UA 0300306)	20,1	46,0	+24,3**
<i>T. spelta</i> (UA 0300259)	20,7	55,0	+33,3**
<i>T. spelta</i> (UA 0300246)	23,7	52,8	+31,1**
<i>T. spelta</i> L. № 9	19,8	49,2	+27,5**
<i>T. spelta</i> L. (СГІ)	20,6	54,4	+32,7**
<i>T. dicocum</i>	24,4	52,5	+30,8**
<i>T. dicocum</i> (UA 0300005)	23,4	50,9	+29,2**
<i>T. sphaerococum</i>	18,4	41,8	+20,1**
НІР _{0,05}		6,62	
НІР _{0,01}		9,41	

ня. З даних табл. 6 випливає, що крупа майже всіх зразків голозерного ячменю істотно відрізняється за часткою розчинної фракції білків від крупи пшениці сорту Селянка, причому лінії ячменю ваксі виявляли тенденцію до підвищення розчинності білків. Лише в одній лінії № 2096, що мала високу твердість зерна, розчинність білків була дещо нижчою.

Для ширшого порівняння ми включили у дослід з вивчення розчинності білків зерна у 50 %-му розчині 1-пропанолу кілька зразків зерна дикорослих видів, наданих нам співробітниками Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. З даних табл. 7 видно, що розчинність білків зерна зразків дикорослої пшениці особливо висока. Це підтверджує відому позицію фахівців із питань харчування про те, що зерно дикорослих пшениць (полби, спельти) за біологічною цінністю значно переважає зерно сучасних комерційних сортів пшениці [9]. Крупа зразків голозерного ячменю за розчинністю білків дещо поступається крупі зерна дикорослих видів, але істотно переважає сучасні комерційні сорти культурної пшениці. Із цих даних логічно припустити вищу харчову цінність білків зерна голозерного ячменю порівняно із зерном культурної пшениці. При цьому слід зауважити, що в зерні культурної пшениці був незвичайно високий вміст білка через посуху в період її вирощування 2012 р. У такому зерні, як правило, підвищений вміст білків розчинної фракції. Це означає, що за непом'якшених умов вирощування зерно сортів Селянка і Куяльник мало б іще нижчий вміст розчинних білків.

З наведених даних очевидно, що голозерний ячмінь виявляє всі ознаки підвищеної харчової і кормової цінності.

Разом із співробітниками кафедри фізіології людини та тварин Одеського національного університету імені І.І. Мечникова ми досліджували гематологічні й біохімічні показники крові лабораторних шурів, яких годували зерном зразків ярого плівчастого (сорт Святогор) та голозерного (сорт Ахіллес) ячменю [1]. Харчовий раціон шурів на 70 % скла-

ТАБЛИЦЯ 8. Приріст живої маси лабораторних щурів із різним раціоном харчування

Раціон	Приріст маси, г, за		
	два тижні	чотири тижні	шість тижнів
Плівчастий ячмінь	13,33±4,51	50,00±8,07	75,83±9,61
Голозерний ячмінь	27,50±4,49	61,67±5,97	90,00±7,64
Контроль	33,33±5,36	60,00±7,07	82,50±7,52

ТАБЛИЦЯ 9. Вміст загального холестерину в крові щурів із різним раціоном харчування

Раціон	Вміст холестерину, ммоль/л			
	вихідні дані	на 2-й тиждень	на 4-й тиждень	на 6-й тиждень
Плівчастий ячмінь	3,32±0,21	2,80±0,19	2,83±0,29	2,49±0,19
Голозерний ячмінь	3,41±0,18	2,86±0,21	3,08±0,27	2,27±0,21
Контроль	3,46±0,21	3,21±0,24	3,15±0,26	3,09±0,16

дався з ячменю, решта 30 % — збалансований стандартний раціон віварію. Контрольну групу щурів годували стандартним раціоном віварію. Через кожні 2 тижні визначали живу масу й низку біохімічних показників крові піддослідних тварин. Для цього використовували стандартні проби: FDelicid для визначення вмісту гемоглобіну гемоглобінціанідним методом, загального білка — біуретовим методом, альбуміну — з індикатором бромкрезоловим зеленим, загального холестерину — ферментативним методом, систему Rightest G300 — для контролю рівня глюкози в крові з використанням тест-смужок. Результати зважування щурів наведено в табл. 8.

З наведених даних видно, що за весь період досліджень зерно плівчастого ячменю сорту Святогор як монокарм щурів вірогідно поступалось голозерному ячменю сорту Ахіллес. Це пояснюється вищим вмістом у наважці зерна голозерного ячменю порівняно з плівчастим усіх поживних речовин, оскільки в голозерного ячменю немає неперетравного нехарчового баласту (плівки). Цікавим феноменом у досліді з годівлею щурів голозерним або плівчастим ячменем було вірогідне зниження вмісту загального холестерину в їх крові відповідно на 33,4 та 25,0 % відносно вихідних даних і на 26,6 та 19,4 % відносно тварин контрольної групи (табл. 9).

Особливо помітним було зниження вмісту холестерину в крові щурів, яких годували голозерним ячменем. Ці дані цілком узгоджуються з результатами численних аналогічних досліджень як тварин, так і людини, виконаних у провідних лабораторіях світу. Головним чинником, що сприяє зниженню вмісту холестерину в крові, є некрохмалисті вуглеводи ячменю β-глюкани [13, 23].

Вміст альбумінів у крові обох груп тварин протягом усього досліду збільшувався, але за межі фізіологічної норми не виходив. У групі щурів, яких годували голозерним ячменем, вірогідно відносно вихідних даних ($P < 0,05$) зростав вміст альбуміну на 25,5 % на шостий тиждень дослідження. Ймовірно, це пов'язано з вищим середнім вмістом білка в

голозерному ячмені порівняно з плівчастим. Вміст загального білка вірогідно не змінювався.

Харчовий раціон тварин, що складався з голозерного і плівчастого ячменю, впливав також на вміст глюкози в їх крові. В групі щурів, яких годували плівчастим ячменем, цей показник вірогідно ($P < 0,05$) знизився на 13,7 % відносно вихідних даних, а в групі тварин, яких годували голозерним ячменем — на 7,5 %. Однак рівень глюкози знаходився в межах фізіологічної норми. Ймовірно, зниження вмісту глюкози, зумовлене впливом β -глюканів на тонку кишку тварин і зменшенням її абсорбції. При цьому більша частка целюлози плівчастого ячменю знижує його поживні властивості, а значне зменшення вмісту глюкози в крові тварин може свідчити про недостатність харчування ним.

У результаті проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

- гени ячменю *nud* (голозерність) і *wax* (ваксі) є одними з найважливіших досліджених генетичних чинників, які істотно впливають на показники харчової (біологічної) цінності зерна ячменю;
- виділено перспективні лінії голозерного ячменю, які не поступаються за урожайністю зерна кращим плівчастим сортам-стандартам і переважають останні за вмістом у зерні білка, β -глюканів, кількістю та якістю олії, позитивно впливають на біохімічні й гематологічні показники крові піддослідних лабораторних щурів;
- головними критеріями стійкості зародка зерна голозерного ячменю до механічної дії при обмолоті є польова схожість насіння та частка нормально розвинених у польових умовах рослин;
- за даними польових досліджень вкрай посушливого 2012 р., перспективні лінії голозерного ячменю загалом є толерантнішими до посухи, ніж кращі сорти-стандарти плівчастого ячменю;
- визначено критерії високої ферментабельності зерна голозерного ячменю та критичні ознаки, які необхідно враховувати при селекції його сортів харчового спирто-дистилятного напрямку технологічного використання;
- білки зерна селекційних ліній голозерного ячменю характеризуються значно вищою порівняно з білками сучасних сортів пшениці розчинністю у 50 %-му розчині 1-пропанолу, що є непрямою ознакою їх вищої чутливості до протеолізу в шлунково-кишковому тракті й засвоюваності організмом людини (тварини);
- створений перспективний генетичний та селекційний рослинний матеріал покладено в основу методології виведення в Україні сортів голозерного ячменю — цінної зернової культури харчового напрямку використання зерна.

1. Майкова Г.В., Еберле Л.В., Сьомік Л.І., Єршова О.М. Гематологічні та біохімічні показники крові щурів за умов харчування голозерним та плівчастим ячменем // Вісн. Одес. ун-ту ім. І.І. Мечникова. — 2011. — 16, вип. 18 (25). — С. 89—94.
2. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Щербина З.В. Генетичний поліморфізм клейковинних білків зерна, пов'язаних з якістю борошна пшениці: методи ідентифікації // 36. наук. праць СГІ—НЦНС. — 2007. — Вип. 10(50). — С. 52—71.
3. Bhatti R.S. Physicochemical and functional (bread making) properties of hull-less barley fractions // Cereal Chem. — 1986. — 63. — P. 31—35.
4. Byung-Kee B., Steven E. U. Barley for food: characteristics, improvement and renewed interest // J. Cereal Sci. — 2008. — 48. — P. 233—242.

5. *Fu B., Sapirstein H.* Procedure for isolating monomeric proteins and polymeric glutenin of wheat flour // *Cereal Chem.* — 1996. — **73**, N 1. — P. 143–152.
6. *Hinata M., Ono M., Midoikawa S., Nakanishi K.* Metabolic improvement of male prisoners with type 2 diabetes in Fukushima Prison, Japan // *Diabetes Res. Clin. Pract.* — 2007. — **77**. — P. 327–332.
7. *Kerckhoffs D., Brouns F., Hornstra G., Mensink R.* Effect on the human lipoprotein profile of β -glucan, soy protein and isoflavones, plant sterols, garlic and tocotrienols // *J. Nutr.* — 2002. — **132**. — P. 2494–2505.
8. *Kim H.-S., Lee H.-J.* Development of composite flours and their products utilizing domestic raw materials. IV. Effect of additives on the bread-making quality with composite flours // *Korean J. Food Sci. Technol.* — 1977. — **9**. — P. 106–107.
9. *Koenig A., Wieser H., Koehler P.* Distinguishing wheat and spelt using typical protein markers // *Proc. of the 10th Intl. Gluten Workshop.* — Clermont-Ferrand, France, 2009. — P. 142–145.
10. *Linko P., Harkanen H., Linko Y.* Effect of sodium chloride in the processing of bread baked from wheat, rye and barley flours // *J. Cereal Sci.* — 1984. — **2**. — P. 53–62.
11. *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.
12. *Marconi E., Graziano M., Cubadda R.* Composition and utilization of barley pearling by-product for making functional pastas rich in dietary fiber and β -glucans // *Cereal Chem.* — 2000. — **77**. — P. 133–139.
13. *McIntosh G., Whyte J., McArthur R., Nestel P.G.* Barley and wheat foods: influence on plasma cholesterol concentration in hypercholesterolemic men // *Amer. J. Clin. Nutr.* — 1991. — **53**. — P. 1205–1209.
14. *NACRe.* Fibres et prevention du cancer colorectal // *Let. Sc. IFN.* — 2001. — **81**. — P. 1–12.
15. *Newman R.K., Newman C.W.* Barley for food and health — science, technology and products. — New York : John Wiley & Sons Inc. Publ. USA, 2009. — 245 p.
16. *Niffenegger E.V.* Chemical and physical characteristics of barley flour as related to its use in baked products. — Bozeman, Montana: M.S. thesis. Montana State University, 1964.
17. *Percival J.* The wheat plant. — London: Duckworth Publ., 1921.
18. *Rimm E.B., Ascherio A., Giovannucci F. et al.* Vegetable, fruit and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men // *J. Amer. Med. Assoc.* — 1996. — **275**. — P. 447–451.
19. *Rosenberger A.* Identification of top-performing cereal cultivars for grain-to-ethanol operations // *Zuckerindustrie.* — 2005. — **130**. — P. 697–701.
20. *Trowell H.* Coronary heart disease and dietary fiber // *Amer. J. Clin. Nutr.* — 1975. — **28**. — P. 798–800.
21. *Wang L., Xue Q., Newman R. et al.* Tocotrienol and fatty acid composition of barley oil and their effects on lipid metabolism // *Plant Foods Hum. Nutr.* — 1993. — **43**. — P. 9–17.
22. *Xue Q., Wang I., Newman R. et al.* Influence of the hulless, waxy starch, and short-awn genes on the composition of barleys // *J. Cereal Sci.* — 1997. — **26**. — P. 251–257.
23. *Yang J.-L., Kim Y.-H., Lee H.-S.* Barley β -glucan lowers serum cholesterol based on the up-regulation cholesterol 7 α -hydroxylase activity and mRNA abundance in cholesterol-fed rats // *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* — 2003. — **49**. — P. 381–387.

Отримано 26.02.2013

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ СОЗДАНИЯ СОРТОВ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ ПИЩЕВОГО НАПРАВЛЕНИЯ

А.И. Рыбалка^{1, 3}, С.С. Полищук¹, Е.К. Кирдогло¹, Б.В. Моргун^{2, 3}

¹Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения Национальной академии аграрных наук Украины, Одесса

²Институт клеточной биологии и генетической инженерии Национальной академии наук Украины, Киев

³Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

Исследованы биохимические, технологические, морфологические особенности зерна голозерного ячменя в сравнении с сортами-стандартами пленчатого ячменя. Доказана доминирующая роль эффектов генов *nud* и *wax* в определении показателей пищевой (кормовой)

ценности зерна голозерного ячменя. Определены генетические и селекционные критерии создания сортов голозерного ячменя для пищевых целей.

GENETIC AND BREEDING CRITERIA OF HULLESS BARLEY CULTIVARS
PRODUCTION FOR THE FOOD END-USE

A.I. Rybalka^{1, 3}, S.S. Polyshchuk¹, E.K. Kyrdoglo¹, B.V. Morgun^{2, 3}

¹Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivars Investigation,
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
3 Ovidiopolska road, Odesa, 65036, — Ukraine

²Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine
148 Acad. Zabolotnogo St., Kyiv, 03143, Ukraine

³Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

Hulless barley breeding lines biochemical, technological and morphological characteristics in comparison with hulled barley varieties were studied. Predominant effects of the *wax* and *nud* genes in determination of the barley grain for food end-use were shown. Genetic and breeding criteria for the hulless food end-use barley varieties production were determined.

Key words: barley, grain, biochemical and technological characteristics, food end-use.