

ПРОБЛЕМИ СЕЛЕКЦІЇ СОРТІВ ПИВОВАРНОГО ЯЧМЕНЮ

О.С. Гораш¹, В.М. Загородний²

¹Подільський державний аграрно-технічний університет

²Солодовий завод АТ „Оболонь”

Розглянуто стан та проблеми селекції пивоварних сортів ячменю в Україні, показано методи системної їх оцінки якості за солодовою властивістю, що використовуються в західноєвропейських країнах, та шляхи вирішення першочергових завдань.

Ячмінь пивоварний, селекція, сорти, методика, оцінка, якість, солодова властивість

За часів Радянського Союзу багато сортів ячменю ярого безпідставно відносили до розряду пивоварних. Незважаючи на це, у 80 роки селекціонерами України була розгорнута спрямована робота по виведенню спеціалізованих сортів ячменю ярого за напрямком використання на пивоварні потреби. Проте „антиалкогольна” компанія, розгорнута у 1985 р., на державному рівні спричинила відміну при закупівлі зерна 25% надбавки за пивоварний ячмінь, який технологічно є більш трудомістким, і його перестали вирощувати. В цей же час розривається контракт з Чехословаччиною на поставку до Союзу 30 пивоварень, зупинено 22 пивзаводи, посілля перестали вирощувати хміль для внутрішніх потреб. У виробництві солоду відбувся повний обвал, основні площі, на яких вирощували ячмінь пивоварний, на той період були зосереджені в Україні. Згодом його посіви стали зовсім незначними, було втрачено технологію вирощування, виведення сортів пивоварного ячменю призупинено, селекційну базу внаслідок таких невіправданих змін зруйновано. Швидко відновити втрачені позиції селекції відповідно лише за одного бажання виявилось зовсім замало. Й досі виробництво пивоварного ячменю, незважаючи на щорічне його зростання, не встигає за розвитком українського пивоварного сектора. Після того, як в Україні розпочали інтенсивну роботу західні пивоварні компанії, а також АТ „Оболонь”, виявилось, що ячмінь наших сортів навіть наближено не відповідає вимогам сучасного пивоваріння. Тому з 1996 року розпочалося ввезення

імпортного солоду. Споживач нарешті відчув справжню якість пива і його незбагнений, витончений смак. За Державним реєстром сортів рослин України 1996 року на 1997 рік із 41 сорту ячменю ярого 23 рекомендовано за напрямком використання на пивоварні потреби. Проте жоден із них не відповідав вимогам якості західноєвропейських нормативів. Згодом у нас започатковується експансія пивоварних сортів Західної Європи. На 2000 р. в Державному реєстрі було 59 сортів ячменю ярого, із них 32 показані як пивоварні, проте із цієї кількості два зарубіжних (Амулет і Тюрінгія) вже певною мірою відповідали вимогам якості пивоварного ячменю. Проте на цей період в Європі вони втрачали значущість бути кращими. Невдовзі кількість сортів пивоварного ячменю ярого зарубіжної селекції в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, вже становила 15. Глобально картина не змінилася й досі, сорти пивоварного ячменю української селекції не займають внутрішній ринок і не конкурують із зарубіжними. Незважаючи на значний прогрес в селекції цього напрямку, який зробила Європа в останні десятиліття, створення сучасних вітчизняних сортів гальмується. Значна перешкода виведення і впровадження нових сортів в Україні зумовлена відсутністю прийнятої і організованої у проведенні національної системної їх оцінки на рівні вимог західноєвропейських країн, за результатами якої селекціонер мав би можливість об'єктивно оцінювати наслідки наукової роботи і характеризувати сорт за функціональним показником. Так поставлена робота тестування пивоварних сортів за відповідністю до вимог Європейської Пивоварної Конвенції (ЄПК), тобто через мікросолодування, мала б бути щорічною як тих, що впроваджуються так і всіх інших, що вже впроваджені в агропромислове виробництво. Встановлені функціональні показники солодової властивості принаймі давали б можливість у більшості випадків їх порівнювати зі всіма іншими та успішно виділяти кращі. Агротенціал України щодо виробництва пивоварного ячменю чималий, щонайменше становить за проведеними підрахунками близько 2 млн. т зерна на рік. Відповідно відрахування селекційно-дослідним установам за використання сортів у виробництві солодового ячменю могли б бути також достатньою мірою чималими. Це сприяло б розширенню селекційної науково-дослідної роботи та насінництва і посиленню зацікавленості наукового контингенту, передусім селекціонерів, спеціалістів первинного насінництва та суб'єктів підприємницької діяльності репродукційного насінництва.

В кожній країні Західної Європи випробовуються багато сортів ячменю з метою з'ясування їх практичної користі. Відповідно вимог сорт має практичну цінність, якщо він характеризується значною перевагою хоча б в одному окремому регіоні країни, яка використовує яч-

мін для виготовлення солоду. Результати про якість солодування у заявника вимагають при державному оформленні та реєстрації сортів. Щорічно комерційні підприємства і пивоварні виробництва надають велику кількість даних про мікросолодування з наступним аналізом випробуваних сортів, запропонованих для реєстрації, а також тих, що вже зареєстровані. Країни Західної Європи та міжнародні організації використовують розроблені системні методи оцінки якості солодування залежно від сорту, мета яких полягає у переведенні даних в зрозумілу узагальнену універсальну форму для орієнтації спеціалістів з солодування, виробників і селекціонерів пивоварного ячменю.

Тривалий час в рамках Європейської Пивоварної Конвенції (ЄПК) відбуваються дискусії щодо того, які параметри необхідно включати для оцінки сортів за показником солодової властивості – ПСВ. У Франції технологічна якість сортів ячменю оцінюється за ступеневою системою. На початку вони оцінюються відповідно методу розробленого ЄПК, встановлюються релятивний екстракт, число Кольбаха, в'язкість сусли, діастатична сила, кінцева ступінь збродження. Новим сортам присвоюються оціночні бали, встановлені у порівнянні з еталонними зразками, що отримали оцінку 5. Нові сорти з оцінкою 5 і більше, розглядаються як придатні для солодування і підлягають подальшим додатковим випробуванням. Внаслідок цього встановлюються показники якості, яких потребує виробництво: екстрактивність, період оцукрювання, здатність до фільтрації, ферментація, колоїдна стабільність, піностабільність. Після цих випробувань сортам надається функціональний показник якості. Сорти з оцінкою 6 і більше, досліджуються ще в пілотних проектах, тобто проходять випробування у пивоварному виробництві. Оцінка якості солодування за допомогою системної оцінки проводиться також у Австрії, за якою параметри оцінюються в балах від 1 до 9 [1]. В Чеській і Словацькій Республіках для оцінки технологічної якості пивоварних сортів ячменю солодового зерна приймають до уваги вміст білка в зерні ячменю, екстрактивність, релятивний екстракт при 45°C, число Кольбаха, діастатичну силу, кінцевий ступінь збродження, фріабілітивність, вміст бета-глюкана в суслі; ці ж технологічні показники оцінюються в Науковому Центрі Пивоваріння в Берліні [2]. Нормативні параметри показників обмежуються діапазонами, що прийняті спільно рішенням за участю селекціонерів, спеціалістів солодових заводів та пивоварних компаній (табл. 1). Методика встановлення ПСВ сортів пивоварного ячменю, що показана далі, використовується в Чеській і Словацькій Республіках (автори В. Псота, К. Косарж та інші) [3]. Спочатку проводять переведення абсолютних значень показників в систему балів за допомогою

рівняння лінійної регресії $y=a+bx$, а і b – коефіцієнти, x – абсолютне значення показника $a=1-bNH$, $b=(9-1)/(OH-NH)$. Кожен показник сорту в цілому може набрати від 1 до 9 балів, 1 – мінімальний, 9 – максимальний. Сумарна величина ПСВ технологічного зерна сорту визначається за модифікованим методом „SUPERIORITY MEASURE”. Відповідно сорт внаслідок розрахунків за ПСВ може набрати від 1 до 9 балів. Стандартними вважаються такі сорти, що набрали від 4 до 5,99 балів солодових властивостей, добірними – сорти з високими технологічними властивостями, які за трирічний період випробувань і оцінок набрали не менше 6,0 балів.

Розрахунки встановлення ПСВ сорту ячменю, приклад [3].

$ПСВ = 9 - \sqrt{P_i}$, де $P_i = \Sigma (9-B)^2 W/\Sigma W$; B – оцінка в балах показника; W – значення частки впливу відповідного показника якості.

Таблиця 1.

Ліміти придатності показників, частка впливу їх на якість та коефіцієнти регресії

Показники	Мінімальний ліміт	Оптимальний ліміт	Коефіцієнти рівняння регресії		Частка W
	1	9	a	b	
Pb	9,5	10,2	-107,57	11,43	0,01
	11,7	11,0	134,71	-11,43	
E	81,5	83	-433,39	5,33	0,30
RE45	35,0	40,0	-55,00	1,60	0,20
	53,0	48,0	85,80	-1,60	
K	40,0	42,0	-159,00	4,00	0,10
	53,0	48,0	85,80	-1,60	
DP	220	300	-21,00	0,10	0,10
FA	79,0	82,0	-209,93	2,67	0,10
F	79,0	86,0	-89,06	1,14	0,10
BGw	250	100	13,80	-0,05	0,10

Pb – вміст білка в зерні ячменю

E – екстрактивність солоду

RE45 – релятивний екстракт при 45°C

K – число Кольбаха

DP – діастатична сила

FA – кінцевий ступінь зброджування

F – фріабілітивність

BGw – вміст бета-глюкана в суслі

Вихідні дані для встановлення ПСВ сортів ячменю ярого

Назва сорту	P _i	ПСВ	Pb	E	RE45	K	DP	FA	F	BGw
	0 – 64	1 – 9	0,01 [%]	0,30 [%]	0,20 [%]	0,10 [%]	0,10 [j.WK]	0,10 [%]	0,10 [%]	0,10 [mg/l]
A	23,109	4,2	11,6	81,9	38,0	41,0	290	81,1	81	240
B	0,511	8,3	11,0	82,8	40,0	42,0	330	81,9	86	120

За рівнянням регресії для сортів встановлені наступні оціночні бали:

A: Pb – 2,1; E – 3,1; RE45 – 5,8; K – 5,0; DP – 8,0; FA – 6,6; F – 3,3; BGw – 1,8;

B: Pb – 9,0; E – 7,9; RE45 – 9,0; K – 9,0; DP – 9,0; FA – 8,7; F – 9,0; BGw – 7,8.

ПСВ сорту A

$$\begin{aligned}
 P_A &= (9 - 2,1)^2 \cdot 0,01 = 0,4761 \\
 &+ (9 - 3,1)^2 \cdot 0,30 = 10,443 \\
 &+ (9 - 5,8)^2 \cdot 0,20 = 2,0480 \\
 &+ (9 - 5,0)^2 \cdot 0,10 = 1,6000 \\
 &+ (9 - 8,0)^2 \cdot 0,10 = 0,1000 \\
 &+ (9 - 6,6)^2 \cdot 0,10 = 0,2400 \\
 &+ (9 - 3,3)^2 \cdot 0,10 = 3,2490 \\
 &+ (9 - 1,8)^2 \cdot 0,10 = 5,1840 \\
 &\quad \Sigma = 23,340
 \end{aligned}$$

ПСВ сорту B

$$\begin{aligned}
 P_B &= (9 - 9,0)^2 \cdot 0,01 = 0,0000 \\
 &+ (9 - 7,9)^2 \cdot 0,30 = 0,3630 \\
 &+ (9 - 9,0)^2 \cdot 0,20 = 0,0000 \\
 &+ (9 - 9,0)^2 \cdot 0,10 = 0,0000 \\
 &+ (9 - 9,0)^2 \cdot 0,10 = 0,0000 \\
 &+ (9 - 8,7)^2 \cdot 0,10 = 0,0090 \\
 &+ (9 - 9,0)^2 \cdot 0,10 = 0,0000 \\
 &+ (9 - 7,8)^2 \cdot 0,10 = 0,1440 \\
 &\quad \Sigma = 0,516
 \end{aligned}$$

$$P_A = 23,340 / 1,01 = 23,109$$

$$P_B = 0,516 / 1,01 = 0,511$$

$$\text{ПСВ} = 9 - \sqrt{23,109} = 9 - 4,81 = 4,2 \quad \text{ПСВ} = 9 - \sqrt{0,511} = 9 - 0,71 = 8,3$$

Слід мати на увазі: якість солоду є наслідком гідролітичної активності багатьох ферментів, які розщеплюють високомолекулярні сполуки, що містяться в зерні до простих речовин. Розщеплені вуглеводи, білки, жири, відіграють роль живильного середовища і приймають участь в процесі метаболізму дріжджів та впливають на органоліптичні властивості пива. Встановлено, що пивоварна якість ячменю детермінується великою кількістю генів, а відповідно визнано: головна передумова вирощування високоякісної сировини для пивоваріння в першу чергу належить сорту, який повинен мати високий генетичний потенціал солодових властивостей. Доведено, що максимально наслідуються у низькідному порядку вміст екстракту, діастатична сила, число Кольбаха, кінцева ступінь зброджування, відносний екстракт при 45°C, маса 1000 зерен, вміст білка, різниця екстрактів, об'ємна маса зерна [4].

Сорт більшою або меншою мірою може впливати на наступні етапи технологічного процесу виробництва солоду та пива: замочування зерна, пророщування, сушіння, затирання, фільтрація сусла [5]. На сьогодні вже встановлені маркери ДНК солодових властивостей: вмісту білка в зерні, маси, виду, твердості, довжини та товщини зернівки, вмісту білка в солоді, бета-глюкана, α -амілази, діастатичної сили, екстракту. Якщо відбирати рослини з відповідним маркером, то одержимо рослини з необхідним геном (метод селекції за допомогою маркерів – marker assisted selection, MAS). Якість солоду залежить від ферментативної активності ферментів. Функції окремих із них мають просте генне кодування, але генів, які керують їх активністю, багато, для них віднайдені та локалізовані відповідні ДНК-маркери [6]. Гени *Amy1* і *Amy2* (α -амілази) знаходяться в хромосомах 6H і 7H, *Vmy1* і *Vmy2* (β -амілази) – в 4H і 6H, *Agl* (бета-глюкозидаза) – в 7H, LD (ліміт-декстриназа) – в 7H, *Gib*- гени (бета-глюконази) – *Glb1* в 5H, *Glb2* в 7H. Ферментативна система, що відновлює основні білки ячменю до пептида і амінокислот, досить складна, в ній присутнє велике число ферментів – ендопротеїназ і екзопептидаз. Р.М. Hayes приводить огляд 181 маркера різних солодових властивостей [7].

L. Haiti та інші виявили групу QTL (локуси кількісних ознак) числа Хартонга, твердості зерна, розчинного білка, фріабілітності, в'язкості сусла та кінцевого ступеня зброджування [8]. Колінз та інші віднайшли відрізок у хромосомі 2H, в якому містяться QTL екстракта, також частка оболонки зерна, енергії його проростання [9]. В центрі цього відрізка знаходиться маркер XPSR108, який би міг бути використаний в селекції на солодові властивості ячменю.

L.A. Marquez-Cedillo та інші дослідили локуси вмісту білка в зерні, розчинного азоту, активності бета-амілази, діастатичної сили та екстракту [10]. F. Nan та інші локалізували три QTL вмісту β -глюкана в зерні ячменю, шість QTL вмісту β -глюкана в солоді, три QTL бета-глюканази в зеленому солоді і п'ять QTL бета-глюканази в готовому солоді [11]. K. Takafumi та інші виявили QTL активності бета-амілази в хромосомах 1H, 2H і 5H, QTL термостабільності, знайдений в хромосомах 4H і 2H [12]. Отже, вже зараз достатньо велика кількість ДНК-маркерів відома. Перевагою MAS за судженням науковців є можливість їх використання в перших поколіннях, непогані результати може дати MAS для істотного скорочення циклу зворотного схрещування [13]. Перевагою методу є доцільність його використання в селекції стійкості до таких хвороб як фузаріоз, сітчаста плямистість. Проте, як зазначає Лангер, використання MAS на кількісні ознаки в практичній селекції ячменю обмежене, в багатьох випадках локалізовані гени і

виділені маркери невідомі для значного загалу селекціонерів, бо нерідко знаходяться в полі зору лише корпоративних інтересів приватно-дослідницьких фірм та інших установ і захищені патентами.

Великі перспективи і можливості покращення солодових властивостей ячменю покладаються на трансгенну селекцію. Отримано трансгенні рослини, стійкі до фузаріозу. Є приклади введення в геном ячменю генів, які підвищують активність α -амілази, глюкозидази та інших ферментів. В геном ячменю введений трансген, що позитивно впливає на енергію проростання, кількість розчинного азоту, швидкість синтезу α -амілази та активність граничної декстринази. Зараз у світі за допомогою трансгенної селекції ячменю достатньо активно ведеться робота на покращення його солодових властивостей, урожайності зерна та інших господарсько-цінних ознак. Проводяться дослідження на молекулярному рівні ДНК, пов'язані з пивоварною якістю ячменю. Удосконалюються і розробляються нові методи оцінки сортів.

В Україні ячмінь є однією із найбільш поширених культур. Його посівна площа за останнє десятиліття в середньому становить близько 4 млн. га в рік, з них 500 тис. га можна щорічно відводити під вирощування ячменю пивоварних сортів, які мають бути української селекції і займати належне місце в аграрному секторі. Зараз інвестиції у виробництво солоду в Україні зростають і, за прогнозом, у найближчу перспективу внутрішня потреба ринку в зерні пивоварного ячменю становитиме не менше 1 млн. т на рік.

Для більш спрямованого селекційного процесу пивоварних сортів ячменю в Україні необхідно докласти спільних зусиль всіх зацікавлених сторін: провідних пивоварних компаній, солодових підприємств, крупних агровиробників, науково-дослідних селекційних установ, Академії аграрних наук, Міністерства агрополітики. Для вирішення проблеми виробництва високоякісного пивоварного ячменю вітчизняних сортів слід виробити основні напрямки селекції з переходом на європейські підходи, методи та критерії оцінки якості.

Бібліографічний список

1. BFL Osterreichische beschreibende Sortenliste 2000. – Bundesamt und fur Landwirtschaft. – Wien, 2000.
2. *Schildbach R.* Forschungsinstitut fur Rohstoffe. – VLB Berlin, 1997.
3. *Psota V, Kosar K.* Malting quality index. – Kvasny Prum. 48. – 2002. – №6. – P. 142-148.
4. *Minarik F.* Slechteni na sladovnickou a nutricni hodno zrna // Jecrnen. SZN. – Praha, 1985. – P. 110.

5. *Henry R.J.* et al. Marker assisted selection for quality in barley and oat // Barley Genetics VII, Proc. of the 7th International Barley Genetics Symposium. – Saskatoon, 1996. – P. 167.
6. *Hayes P.M., Jones B.L.* Malting quality from a QTL per-spektive // Barley Genetics VIII, Proc. of the 8th International Barley Genetics Symposium Adelaide University. – South Australia, 2000. – Vol. I. – P. 99.
7. *Hayes P.M.* et al. A summary of published barley QTL reports. – <http://www.css.orst.edu/barley/nabsmp/gtlsum.htm>.
8. *Haiti L.* et al. QTL-mapping of malting quality parameters in spring barley // Barley Genetics VIII, Proc. of the 8th International Barley Genetics Symposium Adelaide University. – South Australia, 2000. – Vol. II. – P. 246.
9. *Collins H.M.* et al. Using QTL mapping to improve our understanding of malt extract // Barley Genetics VIII, Proc. of the 8th International Barley Genetics Symposium Adelaide University. – South Australia, 2000. – Vol. II. – P. 215.
10. *Marquez-Cedillo L.A.* et al. QTL analysis of malting quality in the Harrington xMorex cross // Barley Genetics VIII, Proc. of the 8th International Barley Genetics Symposium Adelaide University. – South Australia, 2000. – Vol. II. – P. 255.
11. *Han F.* et al. Mapping of 3-glucan content and 3-glucanase activity loci in barley grain and malt. – Theor. Appl. Genet 91. – 1995. – P. 921.
12. *Takafumi Kaneko* et al. QTL mapping for enzyme activity and thermostability of α -amylase in barley. – Breeding Science 51. – 2001. – P. 99.
13. *Frisch M.* et al. Comparison of selection strategies for marker-assisted backcrossing of a gene. – Crop Sci. 39. – 1999. – P. 1295.

Рассмотрено состояние и проблемы селекции пивоваренных сортов ячменя в Украине, показано методы системной оценки их качества за солодовенными свойствами, которые используются в западноевропейских странах и пути решения первоначальных заданий.

Problems of selection of brewer's barley breeds in Ukraine have been considered in the article, the methods of systemic quality evaluation according to malt properties, which are used in European countries and the ways of top priority tasks solving, have been shown herein.