**Міністерство освіти і науки України**

**Уманський національний університет садівництва**

**Факультет агрономії**

*Кафедра генетики, селекції рослин та біотехнології*

**Методичні рекомендації**

**для проведення лабораторних та самостійних робіт з дисципліни «Спеціальна генетика сільськогосподарських культур» (Ячмінь) для студентів стаціонарної та заочної форми навчання зі спеціальності 201 «Агрономія»**

**Умань -2021**

Полянецька І.О., Крижанівський В.Г., Новак Ж.М.

**Рецензент – професор кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, д.с.-г.н.** **Рябовол Л.О.**

Методичні рекомендації для проведення лабораторних та самостійних робіт з дисципліни «Спеціальна генетика сільськогосподарських культур» (Ячмінь) длястудентів стаціонарної та заочної форми навчання зі спеціальності 201 «Агрономія». Умань, 2021 р. 24 с.

Рекомендовано і затверджено до видання кафедрою генетики, селекції рослин та біотехнології УНУС (протокол № 24 від “20” квітня 2021 року) та науково-методичною комісією Уманського НУС факультету агрономії (протокол № 5 від “22” березня 2021 року)

**ЗМІСТ**

|  |  |
| --- | --- |
| Тема 1.Напрями та методи селекції ячменю[Ярий ячмінь](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%AF%D1%80%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D1%87%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%8C)* 1. [Адаптивність](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%90%D0%B4%D0%B0%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C)
	2. [Дворядність, шести рядність](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%94%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C)
	3. [Інші корисні ознаки](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%86%D0%BD%D1%88%D1%96_%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%B8)
	4. [Стійкість до хвороб](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%A1%D1%82%D1%96%D0%B9%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B4%D0%BE_%D1%85%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B1)
	5. [Використання методу гаплоїдії](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%83_%D0%B3%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%97%D0%B4%D1%96%D1%97)
	6. [Якість зерна сортів ячменю кормового, круп’яного та пивоварного напрямку](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%AF%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0)

[Озимий ячмінь та дворучки](https://agromage.com/stat_id.php?id=463#%D0%9E%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D1%87%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%8C) | 445789101011 |
| Тема 2. Генетика ячменю[Гени морфологічних ознак](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B8_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%84%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA)* 1. [Будова колоса](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%91%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B0)
	2. [Ознаки зерна](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%9E%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%B8_%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0)
	3. [Структура рослини](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8)

[Гени фізіологічних ознак](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B8_%D1%84%D1%96%D0%B7%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA)* 1. [Ярість – озимість](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%AF%D1%80%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C)
	2. [Скоростиглість](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B3%D0%BB%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C)
	3. [Генна і цитоплазматична чоловіча стерильність](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D1%86%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C)

[Гени стійкості до хвороб і шкідників](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B8_%D1%81%D1%82%D1%96%D0%B9%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96_%D1%85%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B1_%D1%88%D0%BA%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%96%D0%B2)Гени біохімічних ознак | 1414141517181818191920 |
| Тема 3. Цвітіння і гібридизація 1.1. Цвітіння1.2. Схрещування1.3. Збереження пилку | 21212122 |

**Тема. 1. Напрями та методи селекції ячменю**

Ячмінь в Україні, як і в інших державах СНД та Західної Європи, завжди був провідною зернофуражною культурою. Це зумовлено тим, що зерно ячменю найбільш збалансоване за амінокислотним складом і наближається за кормовими якостями до стандартних концкормів. До того ж, собівартість виробництва зерна ячменю значно нижча від усіх зернових культур. В Україні сіється щорічно 3–4 млн. га ярого та 400–500 тис. га озимого ячменю. У роки масового пересіву загиблої озимини площі під ярим ячменем можуть подвоюватись, а в південних регіонах – зростати навіть в 5–7 разів, бо основна маса озимини сіється саме на півдні.

90% озимого ячменю припадає на південні регіони: Одеську, Миколаївську, Херсонську області та Крим. Це зумовлено його недостатньою морозостійкістю. Ярий ячмінь, навпаки, добре росте всюди, де тільки можна його посіяти. У 1994 році ярого ячменю зібрано по Україні навіть більше, ніж пшениці. А такі північно-західні області України як Волинська, Хмельницька й інші часто одержують врожаї ярого ячменю вищі від озимої пшениці.

В Україні створено багато цінних сортів ячменю, які повністю можуть забезпечити виробництво фуражним зерном і пивоварною сировиною. Ще за Радянського Союзу, коли й тоді під ячмінь не вносились добрива, середні багаторічні врожаї ячменю по Україні становили 30 ц/га. Сучасні сорти здатні давати врожаї вищі, а при застосуванні ще й добрив під ячмінь і при безумовному дотриманні технологій його виробництва середні врожаї ячменю по Україні можна легко довести до більш ніж, 40 ц/га, як це є в цілому в Європейських державах.

Характерною рисою виробництва зерна ячменю в Україні завжди були несталість врожаїв і валових зборів зерна через несталість умов вирощування, їх щорічне варіювання досягало 193%. Тому в центрі уваги селекційних програм з селекції та насінництва ячменю завжди переважали завдання, спрямовані на підвищення і стабілізацію врожаїв.

**Ярий ячмінь**

Розвиток селекції ярого ячменю тісно пов’язаний з іменами видатних дослідників академіка АН УРСР Сапегіна А.О. та його учня академіка ВАСГНІЛ Гаркавого П.Х. З кінця 30-х років основним методом селекції ярого ячменю стає гібридизація. Починається планомірний процес поліпшення геному ячменю. На той час селекціонери Західної Європи були вже далеко попереду в удосконаленні морфотипу ячменю. Тому їх сортам віддається перевага при включенні до гібридизації. Однак швидкої та якісної зміни сортового складу ячменю в Україні, як це передбачалось спочатку, не сталося. Успішною виявилася селекція поступового удосконалення сортів місцевого походження як найбільш пристосованих до місцевих умов вирощування. Селекція озимого ячменю була розпочата значно пізніше.

* 1. **Адаптивність**

Протягом останніх років ведеться селекція ярого ячменю згідно з розробленою концепцією селекції на підвищену адаптивність до мінливих умов вирощування з метою зростання й стабілізації врожаїв у виробництві.

Необхідність цієї роботи виникла тому, що протягом тривалого часу в нашій державі головною метою селекції було нарощування врожайного потенціалу сортів. Зараз більшість їх за сприятливих умов здатні давати до 100 ц/га зерна й більше. І такі врожаї часто одержують у наукових установах, іноді на сортодільницях. Але коли справа доходить до виробництва, особливо в поганих умовах вирощування, сорти інтенсивного типу сильніше знижують врожаї, ніж старі сорти екстенсивного типу. Тут впливає технологічна незабезпеченість виробництва, яка не дозволяє вирощувати ячмінь відповідно до рекомендованих технологій.

Усе це призвело до того, що потенціал урожайності сортів використовується в Україні в середньому на 30–50%, знижуючись в окремі роки до 24–26%, а в деяких областях – навіть до 20%. Для порівняння, в Нідерландах потенціал сортів використовується на 70, у Данії та Швеції – на 50–60%.

Безумовно, наші природні умови набагато складніші. Дві третини земель України, за даними ФАО, входять до зони ризикованого землеробства, і очікувати тут високого постійного коефіцієнта використання потенціалу сортів не доводиться. Однак і тут можливе використання 30–50% і більше потенціалу сортів, просуваючись з південного сходу до північного заходу. Була показана важливість місцевого генофонду при створенні високоадаптованих сортів. За весь час роботи з ячменем у СГІ з 47 районованих сортів ярого ячменю 41 сорт (87 %) створено на базі місцевих сортів-популяцій колишніх селянських господарств. І тільки ці сорти районовані в посушливій зоні.

Селекція ярого ячменю в СГІ базується на місцевих екотипах:

* місцевому степового екотипу з Одеської області, який став родоначальником половини сортів інституту; від нього часто передавалась у схрещуваннях глибоко проникаюча коренева система;
* місцевому степового екотипу з Ростовської області, який було включено через американський сорт Спартан (добір з місцевого Ростовського) у найбільш посухостійкі сорти Одеський 36, Одеський 100, Одеський 111, Первенець, Ітиль, Донецький 650, Донецький 4, Донецький 6, Донецький 8 та ін. У родоводі всіх сортів-мільйонерів (Южний, Одеський 36, Нутанс 244, Одеський 100, Одеський 115) присутня спадковість місцевих сортів-популяцій. Спадкоємність всіх місцевих генотипів об’єднана в сортах Одеський 36 і Одеський 100. Ці сорти мали і високу адаптивність до мінливих умов вирощування.

Була доведена також необхідність використання фактора фотоперіодичної чутливості в селекції як ярого, так і озимого ячменю. Фактор ФПЧ, уперше відзначений Г.Клебсом (1909) і досліджений на пшениці, ячмені та вівсі У. Гарнером і Х. Аллардом (1920), зараз розглядається як регулятор темпів розвитку рослин. Регуляція спрямована на забезпечення репродукування виду в максимально сприятливу пору року і служить реакцією адаптації рослин до тривалості дня як екологічного фактора. Однак адаптивний захист у формі з високою ФПЧ стає перепоною широкому розповсюдженню сортів у регіонах з різною географічною широтою місцевості. У зв’язку з цим, про високу адаптивність сортів з нейтральною ФПЧ вказують багато дослідників.

Найбільш низьку ФПЧ, виколосившись на 8-годинному дні, проявили сорти Одеський 111, Зерноградський 73, Донецький 8, Донецький 4, Одеський 36, Нутанс 187, Нутанс 244, Носівський 9, Геліос, Одеський 100, Первенець. Усі вони, за виключенням кількох нових, добре відомі сорти, які широко вирощувались у різні роки у виробництві СРСР. Особливо цікавими були сорти Донецький 4 та Донецький 8, виведені народним селекціонером Тарасенком Т. Є. Сорт Донецький 4 ще у 1979-1981 pp. вирощувався на площі біля 5 млн. га. Районований у 17 областях, краях і республіках Союзу на широті 45-57°, він неофіційно вирощувався ще в 26 регіонах країни й проник далеко на північ – до 66° пн.ш. На той час це був сорт, який займав найбільші площі посіву.

У більшості регіонів сорт Донецький 4 було замінено сортом Донецький 8 з ще більш широким ареалом. Районований у 28 областях і республіках країни на широті 39–56°, він, як і сорт Донецький 4, широко вирощувався неофіційно в більш північніших регіонах у діапазоні 44–59° пн.ш. У 1987 р. він висівався на площі 6,3 млн. га. Чим же визначалась така велика популярність Донецьких сортів на ланах Радянського Союзу? Талановитий селекціонер Тарасенко Т.Є. зумів передати своїм сортам від місцевого сорту Ростовської області велику пристосованість до будь-яких поганих умов вирощування. Окрім того, сам того не знаючи, він передав їм малочутливість до фотоперіоду. Сорти були, як і їх пращур, примітивними (по термінології фахівців РЕВ), невисоко врожайними, уражалися всіма відомими хворобами, і в той же час були сортами-трудівниками. У середньому в групі малочутливих до фотоперіоду сортів, які колосились на 8-годинному дні, зона адаптації охоплювала 16 широтних поясів, а в групі сортів, які не колосились на 8-годинному дні – тільки 9. Тут явно простежується перевага в адаптивності сортів з більш низькою ФПЧ.

Малочутливі до фотоперіоду сорти заходять у середньому на 5° далі на південь і можуть давати високі врожаї в умовах скороченого дня. Але вони не поступаються чутливим сортам у просуванні й в північні регіони, бо ячмінь у цілому – культура довгого дня. Підвищена адаптивність малочутливих до фотоперіоду сортів проявлялась і в кращій продуктивній кущистості, яка менше змінювалась зі зміною тривалості дня, і в меншій кількості стерильних квіток на скороченому дні. Виявлено ще один цікавий елемент адаптивності, пов’язаний з ФПЧ. Вище показано, що малочутливі сорти ярого ячменю дають більш стабільні врожаї за різних строків приходу весни та в різних широтних умовах.

Однак D.Wilson визнавав необхідність деякого ступеня фоточутливості, бо збільшення тривалості періоду „сходи-цвітіння“ веде до формування більшої продуктивності. Виділені шляхом індивідуального добору з сорту Паллідум 107 генотипи з підвищеною фоточутливістю у фазі „сходи-трубка“ і зниженою чутливістю у фазі „трубка - колосіння“ дали значну прибавку врожаю (7,8–8,8 ц/га, НСР=3,3 ц/га), порівняно з початковою формою.

* 1. **Дворядність, шестирядність**

Особливо результативною виявилась робота з подальшим зростанням урожайного потенціалу культури ячменю шляхом заміни в ряді місць двохрядних ярих сортів більш продуктивними шестирядними. Пошуки шляхів підвищення продуктивності ячменю як культури привели до розробки нового напрямку в селекції ярого ячменю – створенню багаторядних сортів для умов інтенсивного землеробства. Звичайно вважають, що шестирядні ячмені еволюційно більш молоді і повинні бути більш досконалими в еволюційному плані. Ця передумова базується на тому, що шестирядність обумовлюється рецесивним геном, у той час як домінантні гени в більшості випадків є еволюційно більш старими й домінантні мутації виникають значно рідше.

У практичній діяльності ми бачимо інше. Кращі сорти Західної Європи й СРСР були представлені дворядними генотипами. Це сталося тому, що більше ста років селекція ячменю в Європі базувалася переважно на дворядних сортах ярого ячменю для задоволення потреб пивоварної промисловості. Дворядні сорти стали більш досконалими й найбільш поширеними у виробництві, поступово зайнявши і зону вирощування кормового ячменю. Шестирядні сорти залишилися тільки в зонах низькоінтенсивного землеробства, де врожай при відсутності кущіння визначається більшою кількістю зерен у колосі. Головною перевагою дворядних сортів була значно більш продуктивна кущистість.

У 1969 році селекціонери повернулись до проблеми ярого шестирядного ячменю, але вже на базі нового вихідного матеріалу з високою стійкістю до вилягання, хвороб, з великим для шестирядних ячменів зерном і зі здатністю до більш сильного продуктивного кущіння. У 1969–1980 pp. було виведено три сорти на базі зразку Б558: Паллідум 90, Паллідум 76 і Муромець. Усі вони пройшли широке державне й виробниче сортовипробування з метою виявлення особливостей їх поведінки в різних умовах вирощування. Ці досліди показали, що виведено шестирядні сорти нового типу з потенціалом врожаю значно вище дворядних стандартів, але їх потенціальні можливості можуть виявитись тільки в умовах інтенсивного землеробства при високих врожаях.

Пошуки причин незадовільного кущіння шестирядних генотипів привели до різниці в тривалості фаз розвитку вегетаційного періоду. У групі шестирядних сортів фаза „кущіння-трубка“ проходила на два дні скоріше і „трубка-колосіння“ на три дні скоріше, ніж аналогічні періоди в групі дворядних сортів. Скорочення періоду активного кущіння на 5 днів у шестирядних генотипів, певно, є однією з головних причин їх слабкого кущіння. Починають кущитись шестирядні сорти також із запізненням на 2–3 дні порівняно з дворядними сортами. На основі проведених дослідів була розроблена програма селекційного покращення шестирядних сортів, яка передбачала:

* підвищення продуктивної кущистості шляхом подовження періоду „кущіння-колосіння“;
* скорочення періоду „сходи-кущіння“;
* зменшення довжини і ширини листка, що, окрім надання підвищеної посухостійкості, дозволяє створювати сорти з більшою густотою стеблостою, кращим продуванням і освітленням посівів;
* збільшення величини колоса і зерна;
* зменшення грубості остей з метою їх легкого виділення при обмолоті;
* надання стійкості до вилягання, перестою, обламування стеблових вузлів і колосся.

Результатом виконання даної програми й з’явилось створення сорту Паллідум 107. Таких сортів у виробництві України ще не було. Це перший багаторядний сорт інтенсивного типу. Потенціал урожайності сорту Паллідум 107 – близько 100 ц/га. Виведений за програмою „Управління адаптивними процесами“, Паллідум 107 є не тільки неперевершеним за врожаєм у Державному сортовипробуванні України, але має багато інших цінних властивостей, таких як групова стійкість до найбільш поширених хвороб, дуже велике для шестирядних сортів зерно (маса 1000 зерен 45–55 г), висока посухостійкість й інше. До того ж, генотип сорту Паллідум 107 володіє пониженої ФПЧ.

* 1. **Інші корисні ознаки**

Сформульовані вимоги до сортів ярого ячменю високоінтенсивного типу для зони інтенсивного землеробства України, які визначають: висоту рослин – 90–100 см, кількість зерен у колосі – 22–25, масу 1000 зерен – 45–50 г, ширину листків – від вузького до проміжного з гострим кутом нахилу флагового листка, розлогий тип куща, що обумовлює вирівняність стеблостою, стійкість до вилягання, групову стійкість до борошнистої роси, видів іржі, гельмінтоспоріозів.

Європейські селекціонери показали, що зростання врожайності досягається, в основному збільшенням густоти стеблостою, яке можливе з одночасним зниженням висоти рослин. За іншими ознаками кореляційні зв’язки значно варіюють залежно від умов середовища. Селекційні програми Західної Європи передбачають підвищення густоти стеблостою до 1000 стебел на 1 м², щоб довести потенціал продуктивності нових сортів до 100 і більше ц/га. Для зони інтенсивного землеробства України обмежуємось густотою стеблостою 700–800 стебел на 1 м² у зв’язку з більш низькою вологозабезпеченістю.

*Короткостебловість* теж має свою межу. Зниження висоти рослин нижче 90 см позначається на зниженні їх продуктивності, т.к. висота соломини лімітується вологозабезпеченістю. У посушливі роки вона може бути настільки низькою, що це утруднить збір врожаю.

*Архітектоніка листка*, що пропонується, мала метою поліпшення освітленості рослин і аерації посівів. Окрім того, найбільш посухостійкі сорти того часу Донецький 4 і Донецький 8 мали найбільш вузьке листя.

* 1. **Стійкість до хвороб**

В Україні не підраховувались середні річні втрати зерна ячменю від захворювань, але якщо провести аналогію із Сполученими Штатами Америки, де умови вирощування ячменю схожі з нашими, а втрати врожаю від хвороб становлять 13,5% за рік, то втрати врожаю ячменю в Україні можуть бути дуже значні – до 2 млн. тонн.

Екологічно чистим заходом у боротьбі з хворобами є селекція стійких сортів. Робота з хворобами ведеться за багатьма напрямками стійкості: до борошнистої роси, карликової іржі, сітчастого і смужкового гельмінтоспоріозів, твердої, чорної і летючої сажок. Сьогодні більшість сортів ярого ячменю мають групову стійкість до більшості вищеназваних хвороб, причому стійкість їм надається генетично обумовлена.

Однією з найбільш поширених хвороб рослин в Україні є борошниста роса. Протягом десятиріч найбільш ефективним захистом рослин ячменю від ураження борошнистою росою було введення домінантних генів Mlg, Ml(La) та серії генів Міа до генотипу поширених у виробництві сортів. Однак з удосконаленням збудника хвороби, появою більш вірулентних рас, більшість сортів втратили здатність протистояти хворобі. Західна Європа перейшла до роботи з рецесивними генами серії mlo. У 1992-1997 pp. була вивчена можливість забезпечення стійкості до збудника борошнистої роси в умовах півдня України рецесивними генами mlo 1-11. Лінії з генами mlo 1,3 і 4 не уражувались південноукраїнською популяцією збудника борошнистої роси зовсім. Лінії з генами mlo 5-11 уражувались всього на 0-3 %. Усі відомі mlo гени можна використовувати в селекційних програмах для вдосконалення сортів ячменю України. З участю mlo 1-11 генів вже створено новий селекційний матеріал, який вивчається в селекційному процесі. У селекції озимого ячменю, де не було своїх донорів високої стійкості до більшості хвороб, стійкість передається від ярих сортів.

* 1. **Використання методу гаплоїдії**

Можна сказати, що лише в селекції ячменю використовується метод гаплоїдії. Сутність його в наступному. Було встановлено, що при міжвидовому схрещуванні H. vulgare x H. bulbosum відокремлюється частина рослин, у яких відбувається стимуляція розвитку гінецею материнської форми, потім андроцей батьківської форми елімінується і можна отримати гаплоїдну рослину материнської форми. При використанні для цієї процедури гібридних рослин F1 можна вже в наступному поколінні мати гомозиготне потомство, що дає змогу скоротити час на виведення сорту на 3–4 роки.

* 1. **Якість зерна сортів ячменю кормового, круп’яного та пивоварного напрямку**

Ячмінь кормовий повинен мати високий вміст білку у зерні і незамінніх амінокислот (лізіну, триптофану та ін.) в білку. Ступінь плівчастості великої ролі не грає.

Ячмінь круп’яного напрямку повинен мати високі харчові, технологічні та смакові властивості, крупну жовту, вирівняну зернівку з неглибокою борозенкою. Крупа повинна швидко та рівномірно розваритися і надавати великий об’ємний вихід каші, що характеризується приємним запахом і гарними смаковими якостями.

Сорті пивоварні ячменю повинні мати крупне та вирівняне зерно: маса 1000 зерен – 40 г і вище, вихід з сита 2,5×20 мм – не менш 80%. У зв’язку з такими високими вимогами сорти пивоварного ячменю в основному дворядні, хоча в останні десятиліття з’явилися і шестирядні пивоварні сорти.

Однією з важливих вимог до пивоварного ячменю є висока енергія проростання (не менше 95%) і здібність до рівномірного проростання. Серйозним недоліком вважається надмірно швидке проростання окремих зерен (т.з. „гусари”), що знижує якість солоду. Зерно пивоварного ячменю повинне бути жовтого кольору, ромбічної форми, мати тонкі плівки (плівчастість – не вище 9 %). Тонкоплівчастість можна визначити візуально: зерна з тонкими плівками мають дрібнозморшкувату луску.

Дуже високий вміст білка (понад 13%) в зерні робить його малопридатним для пивоваріння із-за погіршення смаку пива і зменшення його виходу. Хороший пивоварний ячмінь містить 9–10% білка. Вихід пива тим більше, чим більше в зерні крохмалю (78–84%), від кількості якого залежить екстрактивність солоду, тобто здатність віддавати в розчин суху речовину.

Голозерний ячмінь, що характеризується більш високим вмістом білка в порівнянні з плівчастим, можна використовувати для кормових цілей, виробництва крупи, сурогатів кави. Слід вести подальшу селекцію голозерного ячменю для усунення таких його недоліків, як недостатня стійкість до осипання, проростання на корені у вологу погоду, травмуванню зародка при збиранні та ін.

**Озимий ячмінь та дворучки**

Адаптивність сортів озимого ячменю у відміні від ярого залежить від підвищеної фотоперіодичної чутливості. Високу зимо-, морозостійкість проявляють тільки чутливі до фотоперіоду сорти.

Ячмені, які культивуються у світі, представлені трьома біотипами: ярими, озимими і дворучками, що підтверджено і генотипово. Взагалі, у світовому землеробстві з площі в межах 80 млн. га під ячменем на долю озимого припадає десь біля 10%, хоча восени й під зиму сіється до 30%, більша частина з них – ярі підзимньої сівби.

Основні зони виробництва озимого ячменю в світі – Балканський півострів, ряд центральноєвропейських держав, південь України, Молдова, Північний Кавказ. Канада та північні штати Сполучених Штатів Америки. Ареал озимого ячменю визначається здатністю до виживання в конкретних умовах зимівлі, його морозо- та зимостійкістю.

H.D. Koch розділив відомі озимі сорти на 6 умовно виділених груп. До першої, найбільш морозостійкої групи, не було віднесено жодного сорту. Кращі за зимостійкістю сорти, а їх не дуже багато, зараховані до другої групи. Це сорти півдня України, Північного Кавказу, Північної Америки та Кореї. Найбільш стабільні за морозостійкістю генотипи походять з високогірських районів. Якщо говорити конкретно про виробничі умови півдня України, де вирощується основна маса озимого ячменю, найбільш адаптованими до цих умов є дворучки.

До недавнього часу дворучкам особливого значення не надавали. У Західній Європі їх визначали напівозимими, іноді називали „перемінними”, а їх біологією, як і селекцією, ніхто не займався. За винятком окремих випадків (Ченад 395, Румунія), невідомі вони були й у виробництві.

Завдяки роботам академіка Гаркавого П.Х. дворучки поступово займають значне місце у виробництві півдня України та в Молдові (Од 17, 1955; Од 31,1966; Од 46, 1968). Ним було визначено, що дворучки являють собою окрему групу ячменю, відмінну як від озимих, так і ярих форм і здатних проявляти високу морозостійкість. Специфічною була поведінка дворучок у схрещуваннях: перше покоління гібридів дворучок з озимими формами розвивалось за озимим типом, у схрещуваннях ярих з озимими домінувала яровість.

Наукове пояснення специфіки поводження дворучок у схрещуваннях стало можливим після появи японських робіт R.Takahashi та S.Yasuda. Вони встановили, що тип розвитку ячменю контролюється трьома парами генів: Sh, sh2, Sh3. Гени ярого типу sh, Sh2 та Sh3 пригнічують дію генів озимого типу Sh, sh2 та sh3 (епістаз), тому озимий тип розвитку здатний проявити єдиний генотип ShSh sh2sh2 sh3sh3, де всі гени озимого типу.

Провівши диференціацію сортів озимого ячменю на типово озимі та дворучки, одержавши гібриди між ними і розщеплення в F2, близьке теоретично можливому 1:3, був установлений генотип дворучок sh [sh2] [sh3]. Він визначається трьома рецесивними генами, де перший ген ярого типу sh подавляє дію генів озимого типу sh2 і sh3. Тому дворучки здатні виколошуватись і давати врожай за весняної сівби, не втрачаючи морозостійкості за умов сівби під зиму.

Адаптивність сортів за осінньої сівби значною мірою визначається їх типом розвитку. Дворучки в цьому плані найбільш цікаві. Біологічною особливістю дворучок є те, що восени вони пізніше закінчують вегетацію, порівняно з типово озимими сортами, а весною раніше її відновлюють. Це дає їм змогу краще розвинутися при пізніх сходах, що в посушливому степу трапляється дуже часто, а також розкуститися при зимово-весняних сходах, що також трапляється досить часто. При зимово-весняних сходах типово озимі сорти починають рости і розвиватись пізно, до цього часу верхній шар ґрунту пересихає і кущіння іде погано. Сорти-дворучки встигають використати невеликі весняні запаси вологи для кущіння й у такі роки врожай дають вищий.

Із впровадженням у виробництво нових сортів-дворучок Од 31 (1966–1976) та Од 46 (1968–1990), озимий ячмінь на півдні України й у Молдові став гарантованою культурою. Відхилення в сторону типово озимих сортів з метою підвищення морозостійкості, до створення високозимостійких сортів не привело, однак сприяло різкому скороченню (майже в чотири рази) площ під озимим ячменем в Україні. У 1971–1984 pp. були районовані типово озимі сорти Оксамит, Зимран, Паралелум 402 і Роман, однак сорт-дворучка Од 46, хоча і поступався вищенаведеним сортам морозостійкістю, продовжував займати найбільші площі посіву, бо кількарічна без перерви загибель посівів від морозів або неодержання сходів за осінніх посух вела до повної відсутності насіння типово озимих сортів і випадіння їх з виробництва на великих площах. У дворучок насінництво легко відновлюється при весняній сівбі.

В останній час значення дворучок зросло у зв’язку з епіфітотіями вірусу жовтої карликовості ячменю (ВЖКЯ). Головний переносник захворювання – види попелиці. Сортів, стійких до ВЖКЯ, поки немає, тому засоби боротьби зводяться до можливо найбільш пізньої сівби, коли з настанням холодних ночей попелиця перестає шкодити. При запізненні з сівбою знову ж таки краще ведуть себе дворучки.

Враховуючи вищенаведене, з метою стабілізації виробництва зерна озимого ячменю, його селекція в Cелекційно-генетичному інституті (СГІ) переорієнтована з 1984 року переважно на створення сортів-дворучок. Широке впровадження з 1988 року у виробництво сорту-дворучки Росава дало можливість базування виробництва на сортах-дворучках не тільки на півдні України й у Молдові, але й на Північному Кавказі, Киргизстані і півночі Казахстану. До Державного реєстру сортів рослин України заносяться нові дворучки Тайна (1993), Основа (1994), Тамань (1995).

Але не припинилась робота й з типово озимими сортами, де досягти підвищеного рівня морозостійкості в межах максимально досягнутого рівня все таки легше – генотип типово озимих сортів складається тільки з генів озимого типу. Для тих регіонів України, де на час настання оптимальних строків сівби тривалість дня зберігається більше 12 годин і дворучки сіяти не можна, краще підходять типово озимі сорти. Вивчення морозостійкості дворучок у різних кліматичних умовах показало, що найбільш морозостійкими в умовах різко континентального клімату є генотипи, які оптимально поєднують високу фотоперіодичну чутливість зі слабкою потребою в яровизації.

Найбільш цікаві такі дворучки, які після яровизації (оптимальним режимом яровизації озимого ячменю є температура +5°С і короткий 11-годинний день) не прискорюють свого розвитку.

Встановлено, що морозостійкість сортів дворучок і типово озимих визначається різними факторами. Якщо у дворучок вона пов’язана більше з реакцією на довжину дня (r = 0,70...0,83), то в типово озимих визначається більше тривалістю стадії яровизації. Чим сильніша реакція на тривалість дня або триваліша стадія яровизації, тим, як правило, вища морозостійкість, хоча така закономірність не є абсолютною. Різноманітність світового сортименту озимого ячменю за тривалістю стадії яровизації досить значна – від 0 до 60 днів. Серед озимих генотипів ячменю підвищеною інтенсивністю фотосинтезу, його фото- та термостабільністю за стресових умов виділився сорт – дворучна Росава.

**Тема 2. Генетика ячменю**

Культурні ячмені спільно з дикорослими утворюють стародавній за походженням і поліморфний рід Hordeum родини Graminea. Представники цього роду поширені на всіх континентах, серед них – однорічні, багаторічні, диплоїдні (H.vulgare 2n=14), тетраплоїдні (2n=28), гексаплоїдні (2n=42) види. Різні автори виділяють у складі роду від 25 до 50 видів.

У ячменю ідентифіковано близько 700 генів, з яких більше половини віднесені до однієї з семи груп зчеплення. У табл. 4.1. наведено список генів найбільш корисних ознак ячменю.

[**Гени морфологічних ознак**](https://agromage.com/stat_id.php?id=464#%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B8_%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%84%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA)

**1.1.Будова колоса**

Число рядів зерен в колосі (двурядність – шестирядність) впливає на кущистість, розмір зерна, вміст білка в зерні, довжину стебла і ширину листя і його успадкування зводиться до ступеня розвитку і плодючості бічних колосків. Ознаку контролюють два гени – ген V (фактор редукції) і ген I (фактор фертильності бічних колосків). Згідно цієї схеми нормальний шестирядний ячмінь має генотип vvII. Шестирядний ячмінь з генотипом vvii має менші розміри бічних зерен; нормальний дворядний ячмінь має генотип Vvii з частковою фертильністю бічних квіток; проміжний дворядний – VVII – з повністю фертильними бічними квітками, що не мають придатків (остюків або фурок). У цілому можна заключити, що дворядність домінує над шестирядністю. Серед сортів і форм ячменю найбільш поширені ці генотипи. Проте існують генотипи дворядного і шестирядного ячменю, принаймні, ще з двома алелями генів V і I. Алель Ih обумовлює більшу фертильність бічних квіток в присутності VV і не відрізняється від I на фоні vv.

Окрім генів V і I, на число рядів зерен в колосі ячменю впливає дві групи генів, мутантів. Це рецесивні гени шестирядності – v2 v3, v4, v5, кожний з яких в гомозиготі пригнічує (епістаз) прояв алелі дворядноcті V і дає фенотип, близький шестирядному ячменю з бічними колосками, що сидять на подовжених квітконіжках. Мутанти по дев’яти локусам int близькі по прояву до дворядного ячменю з частковою плодючістю бічних колосків. Подвійні рецесиви по окремих генах int дають шестирядні форми.

**Ламкість колосового стрижня** контролюється двома комплементарними тісно зчепленими генами Bt1 і Bt2. Всі культурні сорти гомозиготні по рецесивній алелі одного з них: західні сорти по bt1, східні по bt2. Слабка колосова вісь домінує над пружною завдяки дії гена Wr.

**Зазублені остюки** домінують над гладкими, завдяки дії чотирьох генів (R – R4). З геном R тісно зчеплений ген або блок генів Gr, що дає в певних умовах надбавку до урожаю від 14 до 32%.

**1.2.Ознаки зерна**

У ячменю вивчена генетика наступних ознак зерна: округле (gl-a..e), подовжене (lrg), плівчасте (N), голозерність (n) і напівголозерність, блакитне забарвлення алейрону (5 домінантних генів), зморшкуватий ендосперм (більш 20 генів), воскоподібний (wx). Із ознакою зморшкуватість у деяких форм пов’язаний підвищений вміст білка і лізину, наприклад, у мутанта Хайпролі, але ці форми в селекції не зіграли помітної ролі через їх низьку врожайність.

|  |
| --- |
| ТаблицяГени найбільш корисних ознак ячменю Hordeum vulgare L. |
| **№ п/п** | **Домінантна ознака** | **Рецесивна ознака** | **Символи генів** |
| 1 | Щільний колос | Пухкий колос | acr (ril) |
| 2 | Вузькі листки | Нормальні листки | Ang |
| 3 | Наявність антоціанів, катехинів | Відсутність антоціанів, катехінів | ant1…ant24 |
| 4 | Довгі ості | Короткі ості | 7 алелей ari |
| 5 | Наявність вушків | Відсутність вушків | aur-a |
| 6 | Чорні - помірно чорні - сірі квіткові луски і перикарп | Білі | B–Bmb–Bg–b (cерія алелей) |
| 7 | Нормальні листки | Широкі листки | bb, bb3 |
| 8 | Широкі листки | Нормальні листки | Bb2 |
| 9 | Негілляста колоскова вісь | Гілляста | bir |
| 10 | Блакитний колір алейронового шару | Білий колір | B1, B12, B14, B15 (комплементарні гени) |
| 11 | Ламка колосова вісь | Неламка | Bt1, Bt2 |
| 11а | Нормальні органи | Скривлюваність органів рослини | cu, cu2…cu4, rvl |
| 12 | Нормальний ріст | Карликовість | cud, lzd, min-en-min, nld, sid, sld, uz |
| 13 | Нормальні ості | Фуркатність | cal-a, cal-b |
| 14 | Сильний восковий наліт | Відсутній або слабкий | 26 генів сеr-a…cer-y |
| 15 | Раннє дозрівання (виколошування) | Нормальне дозрівання (виколошування) | Ea, Ea2, ea4, Ea5, ea7, eak |
| 16 | Нормальна рослина | еректоїдність | ert-a…ert-z |
| 17 | Високий зріст | нормальний | H, H2, Hi |
| 18 | Опушення піхви листків, колоскової луски | Опушення відсутнє | Hs, Pbg |
| 19 | Нормальна зернівка | Подовжена | Lgr |
| 20 | Наявність лігули | Безлігульність | Li |
| 20а | Нормальна кущистість | Низька кущистість | lnt |
| 20b | Багатостебловість | Одностебловість | us, us2 |
| 21 | Нормальний вміст лізину, гладкий ендосперм | Високий вміст лізину, зморшкуватий ендосперм | lys, lys2…lys6, lys3a |
| 22 | Плівчастозерність | Голозерність | N |
| 23 | Зазубрені ості | Гладкі | R, R2…R4 |
| 24 | Збільшення врожаю |  | Gr, Gr2 |
| 25 | Ярий тип розвитку |  | sh, Sh2, Sh3 |
| 26 | Озимий тип розвитку |  | Sh, sh2, sh3 |
| 27 | Дворучки |  | sh, [sh2], [sh3] |
| 28 | Дворядність |  | VVii, VVII |
| 28a | Шестирядність |  | vvII, vvii |
| 29 | Фертильність бокових колосків | Відсутність | Ih – Ii |
| 30 | Сприйнятливість до фузаріозу F.blight | Стійкість | fb |
| 31 | Стійкість до кореневої нематоди H.avenae | Сприйнятливість | Ha1, Ha2 |
| 32 | Стійкість до сітчатого та смужкового гельмінтоспоріозу H.gramineum і H.sativum | Сприйнятливість | Hg, Hg2, Hg3 |
| 33 | Сприйнятливість до до борошнистої роси E.graminis hordei | Стійкість | mlo1…mlo11 |
| 34 | Стійкість до іржі ячменю P. hordei | Сприйнятливість | Rph1…Rph5, Rps4 |
| 35 | Стійкість до вірусу жовтої мозаїки ячменю (ВЖКЯ) | Сприйнятливість | Rym1(Im1), Rym2 (Im2) |
| 36 | Реакція на тверду сажку ячменю U. hordei | Стійка Сприйнятлива | uh3, uh4 Uh, Uh2 |
| 37 | Реакція на летючу сажку ячменю U. nuda | Стійка Сприйнятлива | un7 Un, Un2…Un6 |
| 38 | Нормальний вміст амілопектину, Waxy | Високий вміст амілопектину waxy | wx |

**1.3.Структура рослини**

До цієї групи ознак можна віднести висоту рослини, форму і характер розташування листя, кущистість. У селекції ячменю, як і пшениці, значну роль зіграли мутанти, що несуть різні гени карликовості. У ячменю відомо декілька типів карликів: брахітичний, кучерявий, вегетативний, багатовузлий, дрібний, вузьколистий, Bikini та ін. Всі перераховані мутації рецесивні.

Рецесивна мутація еректоїдність характеризується щільним колосом і коротким міцним стеблом.

Ширина листя контролюється декількома мутантними генами, що дозволяють легко класифікувати рослини як широко-, вузьколисті, так і нормальні.

У селекції ячменю разом з гібридизацією широко використовується індукований мутагенез. Саме в основі створення інтенсивних сортів ярого ячменю лежить використання короткостеблових невилягаючих індукованих мутантів, створених вперше в Швеції під керівництвом відомого шведського генетика Густафссона.

Часто еректоїдні мутації супроводжуються корисними мінливостями життєздатності, стійкості, ранньостиглості, зав’язування насіння. Шведський стійкий до вилягання сорт Паллас – приклад практичного використання єректоїдної мутації ert-k32, індукованої у сорті Бонус.

На кількість пагонів у ячменю окрім полігенів впливають три рецесивні гени, які різко знижують кущіння. Це ген lnt, у гомозигот якого є тільки 2-3 темно-зелених пагони та гени одностебловості uc, uc2, що дають високорослі рослини з одним товстим стеблом.

На габітус рослини сильно впливає ген безлігульності li. Відсутність лігули, вушок, відгібу листкової пластинки приводить до появи рослин з притиснутими до стебла листками. „Кучерявість”, закрученість листків, остюків, скривленість міжвузлів, стебла та колосу контролюється кількома рецесивними генами (cu, cu2…cu4, rvl).

**Антоціанова пігментація рослин**. Флавоноїдні пігменти – класичний об’єкт біохімічної генетики рослин. У ячменю гени ant контролюють біосинтез проантоціанідів (димерів катехінів) і катехинів в зернівці і антоціанів (глікозидів антоціанідів) в рослині. 258 антоціанових мутацій локалізовані в 24 генах.

**Восковий наліт**. Редукцію або відсутність воскового нальоту у ячменю часто виявляють після дії мутагенів. Гени сеr контролюють синтез і виділення епідермального воску. Ультраструктурним і хімічним аналізом виявлені великі відмінності в структурі і хімічному складі воску окремих мутантів. Із 1252 мутантів тільки 13 є мутантними по двох або трьох локусах одночасно, причому цими локусами є тільки cer-c, cer-q, cer-u. Кожний з них відповідає за окремий етап в біосинтезі ліпідів певного класу.

**Гени фізіологічних ознак**

**1.1.Ярість – озимість**

Японські дослідники виявили існування трьох генів ярості – одного рецесивного (sh) і двох домінантних (Sh2 і Sh3). Гомозиготний стан по будь-якому з цих генів (по Sh2 і Sh3) і гетерозиготний забезпечують ярий тип розвитку, оскільки алелі ярості проявляють епістатичну дію до алелей озимості. Таким чином, дійсна озимість виявляється тільки у двох генотипів – гомо- і гетерозигот по гену Sh і гомозигот по генах sh2 і sh3: Sh- sh2 sh2, sh3 sh3. Ступінь ярості визначається серією алелей гена Sh2 (Sh2l, Sh2n,... sh2). Алелі, що відповідають за вищий ступінь ярості, домінують над алелями, що забезпечують ярість нижчого порядку.

**1.2.Скоростиглість**

Не дивлячись на складність цієї ознаки, що має кількісний прояв, у ряді випадків гібридологічний аналіз із залученням пізньо- і скоростиглих сортів і мутантів привів до достатньо певних висновків. Різними авторами показано моногібридне розщеплення з домінуванням раннього (гени Eа, Еа2, Еа5) або пізнього (еа4, еа7, еak) колосіння. У двох випадках встановлено, що різні гени скоростиглості характеризуються адитивністю внеску своїх алелей в прояв ознаки. Ідентифіковано декілька рецесивних мутантних генів скоростиглості (mat-а ... i). Один з цих мутантів (алель mat-a8), названий Marі, став сортом, що районується в декількох країнах Європи. Він на 7-10 днів скоростигліший за початковий сорт Bonus, має коротке міцне стебло і високу врожайність.

Провідним чинником у визначенні скоростиглості у ярого ячменю є реакція на фотоперіод. Ген еak, властивий деяким японським сортам, і алель mat-a, забезпечують нейтральну реакцію на фотоперіод. Було показано, що цей і інший рецесивний ген скоростиглості (еа), властивий деяким китайським сортам, характеризуються подібними ефектами на ряд кількісних ознак.

**1.3.Генна і цитоплазматична чоловіча стерильність**

Генна чоловіча стерильність у ячменю була вперше описана С.A. Suneson. Рецесивні гени, що позначаються символом msg, приводять до чоловічої стерильності і не впливають на фертильність по жіночій лінії. В даний час налічується понад 500 ліній, що несуть гени чоловічої стерильності. Частина ліній одержана при використанні мутагенів, але в основному шляхом виявлення рослин з низьким зав’язуванням в межах сортів, селекційних номерів і колекційних форм. Перевіркою на алелізм встановлено існування 34 генів msg. Лінії з чоловічою генною стерильністю легко виділяти і підтримувати без перевірки по потомству. Насіння, зібране з рослин з низьким зав’язуванням (msgl+), вирощується в захищених від попадання чужорідного пилку камерах. Протягом двох поколінь збирають насіння із стерильних рослин, що дає розщеплення на 1 фертильна (msg/+) : 1 стерильна (msg/msg) рослина при аналогічному відтворенні в подальших поколіннях. Лінії з чоловічою стерильністю можна використовувати для схрещування, не проводячи кастрацію.

**Гени стійкості до хвороб і шкідників**

У ячменю краще за інших досліджена реакція на ураження базидіальним грибом Erysiphe graminis hordei. Особливості аналізу генетики стійкості, а також складна будова локусів стійкості до збудника борошнистої роси не дозволяють однозначно зіставити дослідження різних авторів.

Расоспецифічна стійкість, з’ясовна теорією «ген проти гена», знайшла своє підтвердження і при вивченні стійкості ячменю до інших фітопатогенних грибів: іржі – Puccinia graminis tritici (гени Т... Т2), P. hordei (Rph – 1...5 або Pal...9), незавершеним – Helminthosporium gramineum (Hg, Hg2, Hg3), H. sativum (hi, М2..11), Rynchosporium secalis (fill RH2...5) та ін. (табл.1). З розширенням досліджень по стійкості, появою нових рас патогену і виявленням стійких до нього форм ячменю збільшується і число нових виявлених генів. У вивченні стійкості ячменю до фітопатогенних грибів велика увага приділяється так званій тривалій або частковій стійкості, не пов’язаній з реакцією надчутливості, яка визначається головними генами. Цей вид стійкості дозволяє уникнути епіфітотій внаслідок появи вірулентних рас патогену.

У ячменю визначені гени стійкості до вірусів жовтої карликовості – ВЖКЯ (yd, Ydr), смугастої мозаїки (sm sm2), жовтої мозаїки (Ryml Rym2), а також до шкідників – кореневої нематоди (Hal Ha2) і злакової тлі (Grb Grb2, Grb3). В останні роки в Україні ВЖКЯ в сильній мірі вражає посіви озимої пшениці і донорів стійкості до хвороби поки не знайдено.

**Гени біохімічних ознак**

*Білки ендосперму.* Синтез білків ендосперму контролюється у ячменю рядом генів. Найбільшої уваги привертають гени високого вмісту лізину, який обумовлений зміною співвідношення трьох білкових фракцій ендосперму: гордеїнів (проламінів, справжніх запасних білків), глютенінів (структурних білків), глобулінів (солерозчинних білків) і альбумінів (водорозчинних білків) і збільшенням вмісту вільного лізину). У високолізинових датських мутантів RisО 29, 86, 7, 8,13, 16, 17, 527, 1508, індійських Notch 1, 2 і італійських lys 95, 449Б підвищений вміст лізину досягається за рахунок зменшення синтезу бідних лізином гордеїнів і збільшенням частки непроламінових білків і вільного лізину. У єдиного серед високолізинових спонтанного мутанта Хайпролі майже не знижено кількість гордеїнів.

Всього ідентифіковано 7 генів, які контролюють гордеїни – HrdA.G – всі вони локалізовані на короткому плечі 5-ої хромосоми. На підставі даних електрофорезу розрізняють 4 групи гордеїнів: A, B, C, D. Гордеїни А, ймовірно, не є проламінами і не входять до складу білкових гранул. Гордеїни В (ген Hor2) і С (ген Hor1) складаються з великого числа окремих білків і складають 95% загального гордеїну; гордеїн D (ген Hor3) представлений однією фракцією, що становить 2–4% всіх гордеїнів.

*Активність ферментів.* У ячменю ідентифіковано 28 генів, що кодують різні ферменти і ізоферменти, на підставі яких створені системи для відбору мутантів певного типа. Це ферменти аконітаза, кисла фосфатаза, естераза, каталаза, нітратредуктаза та ін. Наприклад, дія домінантних алелей генів Lt1a і Lt2 приводить до 10-кратного збільшення вмісту незамінної амінокислоти треоніну в насінні.

**Тема 3. Цвітіння і гібридизація**

У ячменю на кожному виступі стрижня колоса розташовано три одноквіткові колоски. Пилок – сферичний, гладкий, містить дволопасні крохмальні зерна, трубчасте ядро і дві чоловічі гамети (спермії). Крохмаль пилку може бути одного з двох типів – звичайний, що складається з амілози й амілопектину і зафарбовується йодом в темно-синій колір, і восковидний (мутантний), що складається тільки з високомолекулярного амілопектину і зафарбовується йодом у червоний колір. Ця маркерна ознака пилкових зерен ячменю широко використовується в генетичних дослідженнях.

**1.1.Цвітіння**

Ячмінь відносять до найбільш строгих самозапильників з культурних хлібних злаків. Він цвіте із закритими лусками, хоча в багаторядного ячменю зрідка спостерігають відкрите цвітіння бічних квіток (у різновидів ricotense і coeleste). Запилення власним пилком починається ще до виходу колосу з піхви листка. Однак можливо і перехресне запилення.

У період запліднення квіткові луски щільно закриті, лопаті приймочок розгорнуті, тичинкові нитки видалені і пиляки виступають над приймочкою

(рис. 1.). Пиляки розкриваються по черзі. Під час висипання пилку тичинкові нитки подовжуються і пиляки просуваються нагору. Пилок проростає через 5 хв. після прикріплення до приймочки маточки; протягом 10 хв. два спермії входять у пилкову трубку і через 40 хв. досягають мікропіле; за 45 хв. гамети проникають у зародковий мішок і одна гамета досягає яйцеклітини, інша – центрального ядра. Статевий поділ заплідненого яйця завершується через 5 год. після запилення.

Відкрите цвітіння відзначене в Західній Україні в озимого шестирядного ячменю приблизно у половини, в основному бічних, квіток. Воно продовжується протягом 4–6 днів, максимальне – на 2–4-й день. Цвітіння починається за 2–3 дня до виколошування і закінчується через 3–4 дня після виходу колосу з піхви. Спостерігати цвітіння вдається між 8–18 год. з максимумом до 14 год.

**1.2.Схрещування**

Каструють квітки в момент, коли з листкової піхви показуються ості. Для цього колос звільняють з піхви, видаляють верхню частину колосу, нижні і бічні колоски (те ж і в дворядного ячменю) і видаляють пінцетом зверху пиляки, попередньо обрізавши верхню частину квіткових лусок. В деяких випадках селекціонери обходяться і без обрізки лусок. Д. С. Омаровим (1965) запропонований найбільш зручний спосіб кастрації: кінцем пінцета роблять розріз уздовж зовнішньої квіткової луски знизу нагору і через щілину, що утворилася, видаляють тичинки.

Для запилення обирають цілком зрілі пиляки батьківських рослин і пінцетом поміщають їх у кастровані квітки. Ізолюють кастровані й обпилені колоси пергаментними ізоляторами. Найбільш вдалий для запилення 2–3-й день після кастрації. Запилення на 5–6-й день не дає результату. Кастровані колоси можна запилювати й у лабораторних умовах на зрізаних нижче третього (зверху) вузла стеблах, розміщених в поживному розчині з додаванням 14 мг/л глюкози.


Рис. 1. Внутрішній вигляд квітки ячменю після видалення квіткової луски: ліворуч – зав’язь до запилення; праворуч – зав’язь після запилення (1 – тичинки; 2 – зав’язь)

В озимого ячменю для підвищення можливості перехресного вітрозапилення проводять хімічну стерилізацію пиляків за допомогою чотириразового з триденним інтервалом обприскування рослин 0,05–0,5 %-вим гіберелатом калію під час закладки пиляків (стерилізація пиляків складає до 96%). Описаний метод неефективний для стерилізації ярових сортів ячменя. Високий відсоток чоловічої стерильності індукує етрел (3000–3500 млн) при обробці ячменю у фазі виходу в трубку.

В.А. Кудрявцев (1956) і Н.В. Фесенко (1958) незалежно запропонували фізіологічний метод кастрації ячменю, що полягає в розміщенні колосів на стадії редукційного поділу материнських клітин пилка в темряву на 36–60 год. Цей спосіб забезпечує індукцію чоловічої стерильності приблизно в половини квіток. Це підтвердили і румунські селекціонери, що застосували затінення рослин на 48–72 год.

У селекції широко використовуються форми ячменю з генною (ядерною) чоловічою стерильністю. У пиляках стерильної квітки утворюється нефункціональний пилок, вони зменшені в розмірах при нормальному жіночому гаметофіті. Дана ознака контролюється одним рецесивним геном ms і підтримується за допомогою фертильних гетерозиготних рослин Msms. Використання чоловічої стерильності в гібридизації дозволяє збільшити обсяг схрещувань без підвищення витрат.

**1.3.Збереження пилку**

Зберегти життєздатність пилку ячменю можна протягом 26 днів, якщо тримати його при температурі +2°С в ексикаторі над хлористим кальцієм. В звичайних умовах пилок зберігає життєздатність не більше доби.

Пророщувати пилок ячменю рекомендується в заглибленні на спеціальному предметному склі. У заглиблення розміщують частинку листка бріофілуму (2×2 мм), препарат виставляють на сонячне світло. За даними Г.У. Іл’ясова (1965), пилок ярого ячменю в цих умовах починає проростати вже через 5 хв. (проростає до 60 % пилкових зерен).

Навчальне видання

Полянецька І.О., Крижанівський В.Г., Новак Ж.М.

Спеціальна генетика сільськогосподарських культур

Методичні рекомендації до проведення лабораторних занять з дисципліни «Спеціальна генетика сільськогосподарських культур» (Ячмінь) длястудентів стаціонарної та заочної форми навчання зі спеціальності 201 «Агрономія». Умань, 2021 р. 24 с.

Відповідальна за випуск І.О. Полянецька