МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра рослинництва

Допущено до захисту
„_____” _____ 2023 р.
Зав. кафедри к. с.–г. н., доцент
_____Віталій КРАВЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

МІНЛИВІСТЬ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК СОРТІВ І ЛІНІЙ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ Й УМОВ ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 26 м-а
Освітньої програми Агрономія
Спеціальності 201 Агрономія
КРАМАРЕНКО Антон Сергійович

Керівник: КРАВЧЕНКО Віталій, канд. с.-г.н.,
доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

Вступ	3
РОЗДІЛ 1. ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ, СТАН, ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	6
1.1. Історичні аспекти культивування ячменю	6
1.2. Стан селекції ячменю	7
1.3Селекційно – генетичні особливості та перспективи селекції ячменю Ярого	9
1.3.1. Селекційна цінність вихідного матеріалу	9
1.3.2. Дослідження селекційно-генетичних особливостей генотипів ячменю ярого	11
1.3.3. Особливості взаємозв’язків ознак ячменю	13
1.3.4. Особливості рівня та варіабельності ознак ячменю ярого	16
Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	19
РОЗДІЛ 3. УМОВИ, ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯДОСЛІДЖЕННЯ	20
3.1. Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведеннядосліджень	20
3.2. Методика проведення досліджень	20
Висновки до розділу 3	23
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	25
4.1 Варіабельність продуктивності та інших кількістних ознак сортів іліній ячменю ярого	25
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	51
5.1. Організації техніки безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці в період виконання польових робіт	51
5.2. Охорона навколишнього природного середовища в господарстві в галузі рослинництва	53
ВИСНОВКИ	55
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58

ВСТУП

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L) як одна з провідних зернових колосових культур широко використовується в переробній, пивоварній, харчовій, кондитерській, фармацевтичній та кормовиробничій промисловості. Україна займає одне з основних місць у світі за обсягами виробництва та експорту зерна ячменю. Тому збільшення виробництва зерна ячменю важливе для забезпечення продовольчої безпеки України. Для досягнення цього та в зв'язку з скороченням площ під посівами ячменю ярого необхідно підвищувати врожайність його зерна, що досягається, в основному, за рахунок створення та впровадження в сільськогосподарське виробництво нових високоврожайних та високоякісних сортів.

Незважаючи на широкий вибір сортів, не всі вони можуть реалізувати свій потенціал за рівнем і стабільністю врожайності та якістю зерна в умовах східної частини Лісостепу України. Тому важливо створювати сорти з високою та стабільною врожайністю, стійкі до різних умов вирощування. Для успішної селекції таких сортів необхідна наявність вихідного матеріалу з цінними ознаками. В зв'язку з цим актуальним є встановлення селекційно–генетичних особливостей вихідного матеріалу, який передбачено використати в комбінаційній селекції. Результати їх досліджень багатьма авторами на різноманітних генотипах ячменю та в різних умовах неоднозначні. Тому важливим є встановлення закономірностей мінливості рівня, варіабельності, взаємодії генотип-середовища, стабільності, кореляції, шляхового аналізу, успадкування, комбінаційної здатності, показників продуктивності рослин та їх структурних елементів, а також якості зерна у сучасних сортів ячменю ярого різного походження та визначення на цій основі цінності різносторонніх сортів і селекційних ліній, що підвищить ефективність їх використання як вихідного матеріалу в селекції. Це і стало підставою для виконання досліджень за темою дисертації.

Мета та завдання дослідження. Мета дослідження – теоретичне обґрунтування і нове вирішення важливого наукового завдання з установлення закономірностей мінливості селекційно-генетичних ознак сортів і ліній ячменю

ярого в залежності від генотипу та умов вирощування в східній частині Лісостепу України. Це досягнуто шляхом установлення генотипових особливостей рівня, стабільності, кореляції, успадкування, комбінаційної здатності та оптимального поєднання показників продуктивності, врожайності, їх структурних елементів та якості зерна у сортів і ліній ячменю ярого різних різновидностей в різних умовах у залежності від взаємодії генотип-середовище та виділення на цій основі джерел цінних ознак для селекції ячменю ярого.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі завдання:

- установити особливості сортів і ліній ячменю ярого за рівнем кількісних морфо-біологічні та господарських ознак (врожайності та її стабільності, тривалості вегетаційного періоду);

– визначити рівень і варіабельність ознак сортів і ліній ячменю ярого;

– визначити взаємозв'язки за парними коефіцієнтами кореляції, шляховим аналізом продуктивності рослин та її структурних елементів різних генотипів;

– установити селекційно-генетичні особливості продуктивності сортів і ліній ячменю ярого за генетичним аналізом F_1;

– виділити джерела цінних ознак для селекції ячменю ярого.

Об'єкт дослідження: генотипові особливості рівня, мінливості, варіабельності, стабільності, кореляції, кількісних і господарських ознак, успадкування і комбінаційної здатності за продуктивністю; оптимальне поєднання показників селекційно цінних ознак у сортів і ліній ячменю ярого в різних умовах вирощування; селекційна цінність сортів і ліній та нових ліній за їх використанням в комбінаційній селекції.

Предмет дослідження: закономірності мінливості селекційно-генетичних особливостей сортів і ліній ячменю ярого за кількісними ознаками в залежності від генотипу та умов вирощування та виділення і створення цінного вихідного матеріалу для селекції ячменю ярого.

Методи дослідження: загальнонаукові – аналіз, синтез, дедукція, індукція; спеціальні – польові (випробування сортів, ліній та F_1, фенологічні спостереження) для одержання експериментальних даних; біометричні та вимірювально-вагові для визначення рівня показників ознак; генетико-

статистичний – для встановлення рівня мінливості, стабільності, успадкування та комбінаційної здатності; статистичні (дисперсійний, варіаційний, кореляційний, шляховий аналіз, GGE biplot аналіз) для визначення достовірності відмінностей експериментальних даних та взаємозв'язків ознак.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення в умовах 2021–2023 рр. важливого наукового завдання з установлення закономірностей мінливості селекційно-генетичних особливостей сортів і ліній ячменю ярого за кількісними ознаками в залежності від генотипу та умов вирощування, на основі чого було досягнуто мети з визначення цінності 22 сортів і трьох ліній як вихідного матеріалу для селекції за кількісними ознаками рослин і господарськими ознаками та створення цінних ліній.

Одержані результати відрізняються від відомих комплексністю вирішення завдання, для чого застосовано різні селекційні та генетичні методи визначення рівня, варіабельності, кореляції, успадкування, комбінаційної здатності, стабільності й цінності генотипів за шляховим, GGE biplot та іншимианалізами, оптимального поєднання показників та виділення джерел цінних для селекції ознак у різних умовах середовища, створення з їх залученням до гібридизації цінних ліній.

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень, представлені в дисертації, одержано здобувачем особисто. Автором здійснено інформаційний пошук, проаналізовано та узагальнено результати наукових досліджень у вітчизняних і зарубіжних наукових джерелах за темою кваліфікаційної роботи.

Апробація результатів досліджень. Основні результати кваліфікаційної роботи доповідались і обговорювались на засіданнях гуртка кафедри рослинництва та наукових студентських конференціях (додаток А.).

Структура та обсяг. Загальний обсяг дипломної роботи складає 63 сторінки комп'ютерного тексту. Містить шість розділів, налічує 2 додатки, включає три таблиці і 14 рисунків. Список використаної літератури нараховує 64 джерела.

РОЗДІЛ 1
ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ, СТАН, ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Історичні аспекти культивування ячменю

Ячмінь відомий з давніх часів. Культура ячменю виникла шляхом довготривалого розвитку примітивної та сучасної селекційної роботи [1]. Ячмінь вирощували найдавніше в Середній Азії, Туреччині, Іраку, Ірану, Сирії, 17 тис. років тому використовували в Палестині, в 4–5 ст. до н.е. – в Єгипті.

В Європу ячмінь завезли з Месопотамії через Малу Азію спочатку в Грецію, потім до річки Дунай, а звідти і на південь України. [2]. В Англії ячмінь відомий з 4 ст. до н.е. На території Індії ячмінь вирощували вже за 3 тис. років до н.е., як і в Китаї, звідки його поширили і в Японію. На американський континент ячмінь завезли в 4 ст. н.е. переселенці. За археологічними даними на території, яку зараз займає Україна, ячмінь культивували вже в 3–4 тисячоліттях до н.е. [3].

За посівною площею і валовим збором зерна у світовому виробництві ячмінь поступається лише пшениці, рису та кукурудзі [4]. В Україні ця культура серед зернових колосових є другою після озимої пшениці, тому відіграє важливу роль у зерновому балансі. За площами культивування та обсягами виробництва ячменю Україна входить до п’ятірки найпотужніших світових виробників і експортерів цієї культури разом з ЄС, Росією, Австралієюта Канадою.

Великі обсяги виробництва ячменю зумовлюються його цінністю в господарському (продовольчому, зернофуражному і технічному) відношенні. Ячмінь в географічному розповсюдженні є універсальною культурою, він легко адаптується до контрастів клімату та ґрунтів, дає добру віддачу при застосуванні інтенсивних технологій.

1.2 Стан селекції ячменю

У процесі еволюції дикорослі форми ячменю проходили природний добір, спрямований на збереження тих ознак, які давали можливість виживати і розмножуватись рослинам для збереження виду в умовах довкілля. Внаслідок несвідомого примітивного а потім і свідомого добору кращих рослин за певними ознаками виник культурний ячмінь (*Hordeum vulgare* L.), в якому булизбережені культурні якості (необсипання зернівок, крупнозерність, довгоколосість, стійкість до хвороб і вилягання та ін.) при втраті ознак дикого виду [5].

Великий внесок в створення культурних форм ячменю мала народна селекція [6], якою було підготовлено перехід до наукової організації селекції ячменю [7]. У Великобританії селекцію ячменю розпочали в 19 ст. з місцевими сортами, на основі яких було створено ряд сортів в інших країнах. У кінці 18 ст. селекцію ячменю стали проводити в Чехії на основі місцевого сорту Hanna [8], який було використано як вихідний матеріал у селекційному процесі багатьох країн Європи, зокрема й України.

В Україні селекційну роботу з ячменю фактично проводили на дослідних станціях, створених в кінці 18 – на початку 19 століття. Першою в Україні селекційною станцією стала Харківська державна селекційна станція (нині Інститут рослинництва імені В.Я Юр’єва НААН), на якій створення сортів розпочато з 1909 р. методом індивідуального добору з сортів-популяцій під керівництвом В.Я. Юр'єва і згодом Б.К. Єнкена, а з 30-х років 19 ст. Т.І. Дмитрієвою. Цим методом було створено п’ять сортів: Нутанс 8/71, Медіум 105/72, Європеум 353/133, Ювілейний і Харківський 306. Методом комбінаційної селекції перші сорти Нутанс 58 і Харківський 60 було створено аж в 70-х роках 19 ст., коли для схрещування почали використовувати сорти різних екотипів. З 1965 р. було розпочато знову після довгої перерви селекцію із застосуванням методів радіаційного та хімічного мутагенезу в поєднанні з гібридизацією [9]. Усього в Інституті рослинництва імені В.Я Юр’єва НААН

створено 35 сортів ячменю ярого, 19 з яких внесено в Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 р.

Селекцію ячменю на Одеській дослідній станції (нині Селекційно – генетичний інститут – НЦНС НААН) проводять з 1916 р. Першими були сорти Одеський 9 і Одеський 18, створені методом добору, а потім шляхом комбінаційної селекції всього створено понад 70 сортів, з яких 17 зареєстровано в Україні на 2023 р. [10]. Селекційну роботу з ячменю в цей період було розпочато також на Приєкульській, Дніпропетровській та інших дослідних станціях.

Значний внесок в селекцію ячменю в першій половині 20 ст. зробили А.А. Сапегін, Д.І. Баранський, Н.В. Родницький, В.Я. Юр'єв, Б.К. Єнкен, П.Ф. Гаркавий та ін. [11]. Подальшу роботу по селекції ячменю здійснили селекціонери В.С. Губернатор на Носівській дослідній станції [12], А.А. Лінчевський у Селекційно–генетичному інституті, Т.Є. Тарасенко і І.Д. Прохожай на Донецькій селекційній дослідній станції, В.Т. Манзюк в Інституті рослинництва імені В.Я. Юр'єва, І.А. Шубенко в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла та інші.

У перші десятиріччя 20 ст. широко використовували внутрішньо-популяційні поліпшуючі добори серед сортів, які вирощували у виробництві, хоча практично нічого нового не було створено, за винятком доборів між не повністю константних сортів чи спонтанних мутантних форм.

Коли в 1900 р. було здійснено перевідкриття законів успадкування ознак рослин, розроблених Г. Менделем в другій половині 19 ст. (1856–1865 рр.), стало можливим здійснювати добори в гібридних популяціях на науковій основі. Проте метод гібридизації в селекції ячменю почали використовувати в Україні лише в кінці 20-х років 20 ст., але найбільш поширено – з другоїполовини 20 ст. Метод комбінаційної селекції є найбільш ефективним завдяки рекомбінації геномів компонентів схрещування, що дає можливість створюватинові генотипи рослин [13]. Окрім комбінаційної селекції (внутрішньо- та міжвидової), в світовій практиці для створення сортів ячменю застосовують

методи поліплоїдії, біотехнології, радіаційного та хімічного мутагенезу, трансгенезу, молекулярної селекції [14], але основним залишається гібридизація – цим методом створено понад 90 % усіх існуючих сортів.

1.3 Селекційно – генетичні особливості та перспективи селекції ячменю ярого

Потреби в зерні ячменю значно перевищують його виробництво, тому все більшого значення набуває підвищення урожайності цієї культури, особливо це стосується ячменю ярого. Найбільш вагомим резервом збільшення виробництва зерна ячменю і поліпшення його якості є створення високоврожайних і високоякісних сортів, які б відповідали все зростаючим вимогам виробництва.

1.3.1 Селекційна цінність вихідного матеріалу

Одержання стабільних урожаїв зернових культур, в т. ч. і ячменю, ставить перед селекціонерами завдання зі створення сортів, адаптованих до умов певного середовища, а саме – до екологічних умов місця створення сорту [15]. Реалізація врожайності є специфічною для сорту, визначається генотиповими особливостями та умовами вирощування, особливо сумою опадіву міжфазний період кущіння-колосіння [16]. З усіх абіотичних факторів середовища найбільших втрат урожай ячменю зазнає від посухи.

Приріст урожайності сільськогосподарських культур на 35–50 % залежить від сорту [17]. Тому збільшити збір зерна можна шляхом сортозаміни. Створення сортів з високою врожайністю та якістю зерна, пристосованих до умов вирощування, стійких до біо- та абіотичних чинників, з цінними ознаками,які б відповідали вимогам виробництва є предметом селекції [18]. Важливе значення в селекції таких сортів належить підбору вихідного матеріалу для гібридизації [19].

Для цього необхідно визначити селекційну цінність вихідних компонентів

для схрещування як за різновиднісним складом (остисті, безості, двохрядні, шестирядні, плівчасті, голозерні та ін.), так і за рівнем продуктивності рослин, урожайності та їх структурних елементів, а також за адаптивністю, стійкістю до різних умов вирощування [20].

У першу чергу вихідний матеріал повинен мати високу продуктивність рослин і високу врожайність. Продуктивність генотипу залежить від адаптивності її елементів до умов вирощування. Важливе значення має стійкість сортів до хвороб, за рахунок чого можна підвищити врожайність на 10–15 %, а також стійкість до абіотичних чинників, зокрема пристосованість до умов середовища [21].

Урожайність визначається цілим комплексом ознак рослин, тому в селекції необхідно враховувати її структурні елементи . Зорема, маса 1000 зерен мало реагує на умови вирощування, має високий коефіцієнт успадковуваності, а тому її мінливість детермінується адаптивними ефектами генів. Проте врожайність сильно залежить від умов зволоження. Успадкування продуктивності та продуктивної кущистості також змінюється в залежності від кількості опадів [22].

Довжина колосу і кількість зерен пов’язані з продуктивністю рослини. Причому довжина колосу детермінується як генотипом, так і гідротермічними умовами. Важливе значення має стійкість сортів до вилягання, яка корелює з висотою рослин, особливо при сильному зволоженні [23].

Селекцію важливо вести на створення сортів різних різновидностей, яких налічується понад 200, зокрема сортів остистих і безостих, плівчастих і голозерних, дворядних і шестирядних. Сорти таких різновидностей мають поширення у всьому світі. Безості сорти вирощують у США, Канаді, Китаї, Україні. Безості, короткоості та фуркатні форми ячменю було створено в Східній Азії [24]. Щодо ролі остюків, то існуютьпротилежні дані: позитивні і негативні [25].

Більшість ознак рослин, у тому числі ячменю ярого, є кількісними. Тому важливо визначити генетичні особливості за компонентами генетичної

дисперсії, впливом адаптивних і не адаптивних ефектів генів, успадковуваністю та успадкуванням. Це дасть можливість оцінити селекційну цінність генотипів для підбору вихідного матеріалу для комбінаційної селекції [26].

1.3.2 Дослідження селекційно-генетичних особливостей генотипів ячменю ярого

Для збільшення валових зборів зерна ячменю необхідно створювати і впроваджувати нові сорти, які б відповідали вимогам сільськогосподарського виробництва. Велике значення в підвищенні ефективності селекції належить науково обґрунтованому підбору вихідного матеріалу для гібридизації.

Для цього необхідно визначити селекційну цінність сортів за проявом рівня продуктивності рослин, її структурних елементів та інших кількіснихознак [65–68] і господарських ознак, зокрема врожайності зерна, стійкості до хвороб і вилягання, тривалості вегетаційного періоду. При цьому важливо враховувати їх залежність як від генотипу, так і від умов вирощування [27].

Важливо оцінювати сорти ячменю ярого за елементами структури врожайності і враховувати залежність прояву кількісних ознак структури продуктивності й інших [28] та господарських ознак [29] від генотипу сортів та умов вирощування, що є важливим для створення нових цінних сортів для різних умов [30].

Для ефективного добору доречно орієнтуватися на низький рівень варіювання ознаки, дослідженню якого приділяли увагу багато дослідників. У чисельних наукових роботах установлено низький чи високий рівень коефіцієнту варіації ознак рослин. Так, низькою була варіабельність маси 1000 зерен, кількості колосків у колосі, висоти рослин пивоварних сортів. Найбільшою варіабельність була у ознак кущистість та продуктивність рослин. Ефіопські вчені встановили низьку варіабельність ознаки довжина колосу, високу – маси зерна з колоса. У дослідженнях болгарських

вчених найменше варіювали кількість колосків і зерен основного колосу, а найбільше – маса зерна з колосу, в українських учених – найменше варіювала висота рослин у зразків різних різновидностей, найбільше – кількістьзерен з основного колосу [31].

Важливо знати генетичні особливості сортів, зокрема їх комбінаційну здатність для поєднання необхідних ознак, притаманних вихідним компонентам схрещування, з метою одержання сортів з новими цінними ознаками. Для цього визначали різні рівні загальної та специфічної комбінаційної здатності сортів ячменю ярого за продуктивністю, її структурними елементами та іншими кількісними ознаками. При цьому існують дані експериментальних досліджень про контролювання кількісних ознак як не адаптивними ефектами генів, так і адитивними [32]. Таким чином, результати досліджень генетичних особливостей неоднозначні і залежать від вихідного матеріалу, місця та умов вирощування.

Рівень прояву кількісних ознак визначається комплексом генів. До того ж він залежить від багатьох факторів біо- та абіотичного характеру (температури, опадів, тривалості вегетації, габітусу рослин, стійкості до хвороб і вилягання, кущистості, посухостійкості і т. п.) [33].

Для встановлення цінності генотипу також важливим є співвідношення між масою зерна та масою соломи, так званий урожайний індекс. Рівень урожайності залежить від тривалості вегетаційного періоду, який більштривалим є за кращої зволоженості та менш тривалим – за жаркої сухої погоди [34]. Найбільш негативно впливає на рівень урожайності посуха. Тому однією з основних проблем селекції є адаптивність і стабільність прояву ознак рослин і врожайності. Добір на всіх етапах селекційного процесу проводять за кількісними ознаками, які проявляються у фенотипі рослин, тому їх реалізація залежить від екологічних умов [35]. У свою чергу ефективність добору визначається силою реакції на погодні умови та високою успадковуваністю ознак.

Рівень урожайності залежить від взаємодії генотип / середовище. Тому

важливим є встановлення реакції сортів на умови вирощування, стабільності реалізації ознак рослин і врожайності за статистичними параметричними та непараметричними показниками. Так, серед сучасних аналізів поширеними є AMMI і GGE biplot, завдяки яким можна наглядно визначити різну реакцію сортів на умови вирощування. Подібні дослідження проводили в Україні в різних природно-кліматичних зонах і в інших країнах [36].

Селекційну цінність вихідного матеріалу рекомендується визначити за виходом ліній з цінними ознаками в селекційному і контрольному розсадниках, а остаточно – в конкурсному сортовипробуванні або за коефіцієнтом рекомбінаційного потенціалу (КРП). Тобто за відношенням кількості перспективних ліній в конкурсному сортовипробуванні до кількості комбінацій схрещування з участю певного батьківського компонента, з яких виділено лінії. Дослідженнями різних авторів показано, що розподіл домінантних і рецесивних ефектів генів за ознакамиможе бути різним. Так, за даними M. Madić et al. [37], С.П. Васильківського та ін. [38] збільшення кількості зерен у колосі є можливим за переважання домінантних ефектів генів. Продуктивність голозерних форм визначається переважанням рецесивних, а плівчастих – домінантних алелів.

В умовах Сходу України за даними М.Р. Козаченка та ін. [39] у ознак висота рослин і щільність колосу переважають неадитивні ефекти генів зазначної різниці між успадковуваністю в широкому (H^2) і вузькому (h^2) розумінні, а у ознак кількість зерен у колосі та їх маса за незначної різниці – адитивні.

1.3.3 Особливості взаємозв’язків ознак ячменю

Урожайність сорту залежить від окремих елементів її структури, які можуть змінюватися залежно від рівня інших ознак і умов вирощування. Тому селекцію на врожайність необхідно вести з урахуванням взаємозв’язків різних ознак рослин, які визначають кореляційним аналізом з установленням парних коефіцієнтів кореляції, які залежать від культури, сорту та умов вирощування. Внаслідок цього визначають доцільність і ефективність добору за окремими ознаками при позитивних коефіцієнтах кореляції [39].

Важливо також визначити залежність між кількісними ознаками рослин. Так, позитивну кореляцію продуктивності рослин з висотою рослин установили К.В. Компанець та ін., S.M. Sammari et al., з масою зерна з колосу, масою 1000 зерен, продуктивною кущистістю, відношенням маси зерна до маси соломи – М.Р. Козаченко та ін., з продуктивною кущистістю, масою 1000 зерен – M. Gocheva, з масою зерна з основного колосу, масою 1000 [40] зерен, продуктивною кущистістю, відношенням маси зерна до маси соломи – П.М. Солонечний і М.Р. Козаченко [41], з продуктивною кущистістю, висотоюрослин, довжиною колосу, кількістю колосків у колосі, масою 1000 зерен – J. Shrimali et al. [42], з масою 1000 зерен (за виключенням зразків з waxy крохмалем) – М.Р. Козаченко та ін. [43].

Неоднозначними також були результати досліджень кореляції між різними кількісними ознаками. Так, було встановлено позитивну кореляцію маси 1000 зерен з масою зерна з колосу та висотою рослини, висоти рослини з кількістю колосків у колосі – К. В. Компанець та ін. [44], продуктивної кущистості з кількістю зерен у колосі – R. Rahimi-Baladezaie et al., маси 1000 зерен з продуктивною кущистістю та довжиною колоса, продуктивної із загальною кущистістю та довжиною колоса, довжини колоса з кількістю зерен у колосі (але негативну – маси 1000 зерен з кількістю зерен в основному колосі, висоти рослин з довжиною колоса – A. Hosin babaiy et al.), кількості зерен уколосі з масою зерна з колосу та його довжиною (але негативну – висоти рослинз масою 1000 зерен і довжиною колосу, маси 1000 зерен з довжиною колосу і кількістю зерен в ньому – A.H. Abdullah and H.Z. Rihan), кількості колосків у колосі з його довжиною, маси 1000 зерен з висотою рослини – J. Shrimali et a., загальної та продуктивної кущистості з висотою рослини, кількості колосків у колосі з загальною кущистістю та висотою рослини (але негативну – кількості колосків у колосі з кущистістю, маси 1000 зерен з кількістю колосків у колосі – J.A. Al-Tabbal, J.H. Al-Fraihat. Неоднозначність результатів дослідження кореляції між різними кількісними ознаками рослин, одержаних багатьма вченими на різних генотипах і в неоднакових умовах вирощування, є підставою для визначення взаємозв’язків між ознаками нового вихідного матеріалу для селекції.

Так як ознаки рослин взаємопов'язані, то добір за однією з них може в ряді випадків призвести до збільшення або до зменшення рівня інших ознак, що можна не виявити при визначенні однієї з парних кореляцій. Парні коефіцієнти кореляції не виявляють опосередкованих ефектів інших ознак. Тому поряд з кореляційним проводять шляховий аналіз будь-якої ознаки, яким визначають відносний внесок елементів структури продуктивності в її загальний показник безпосередньо (прямий ефект) і при взаємодії з іншими ознаками (непрямі, опосередковані, побічні ефекти). Шляховий аналіз S. Wright [45] є ефективним методом статистичного аналізу причин і наслідків у системі взаємозалежних ознак. Цим методом визначали: прямий позитивний вплив на врожайність і продуктивність рослин ячменю ряд вчених:

– продуктивної кущистості – R. Mohtashami, S.I. Tawfiq et al., K.V. Kompanets et al.;

– кількості зерен у колосі – E. Budacli Carpici, N. Celik, M. Ataei, G. Prasad et al., O.A. Dadashi et al., T.A. Setotaw et al., P. Malik et al., R. Fatemi et al.;

– маси 1000 зерен – M. Ataei, R. Mohtashami, S.I. Tawfiq et al., T.A. Setotaw et al., M. Dimitrova-Doneva et al.;

– кількості колосся на 1 м^2 – E. Budacli Carpici, N. Celik, M. Ataei, S.I. Tawfiq et al., T.A. Setotaw et al., R. Fatemi et al., R. Drikvand et al., D. Arpali, M. Yagmur;

– маси зерна з колосу – R. Fatemi et al.;

– довжини колосу – Amardeep et al., P. Malik et al.;

– урожайного індексу – J. Shrimali et al., E. Budacli Carpici, N. Celik, S.I. Tawfiq et al., P. Malik et al., R. Drikvand et al., Amardeep et al., O.A. Demydov et al., Sandhya et al.;

– біологічної врожайності – J. Shrimali et al., S.I. Tawfiq et al., P.Malik et al., Amardeep et al., Sandhya et al.;

Проте визначили негативний вплив на врожайність і продуктивність ячменю довжини колосу G. Prasad et al., P. Malik et al., маси 1000 зерен та висоти рослини – A. Gebru et al.

На значимість використання шляхового аналізу для визначення

детермінантних ознак як критеріїв добору, за якими він буде ефективним, вказували дослідники на різних культурах:

– у ячменю – M. Ataei, S.M. Dofing, C.W. Knight, Y.P. Puri et al., M.K. Singh et al., М.Е. Мухордова, W. Sinebo;

– у пшениці – M.A. Finne et al.;

– у рису – S.O. Samonte et al.

Неоднозначність результатів деяких досліджень авторів є підставою для проведення кореляційного та шляхового аналізів конкретного вихідного матеріалу для селекції. Це дає можливість установити прямі та опосередковані ефекти впливу всіх ознак рослин на певну ознаку. Внаслідок цього буде визначено ознаки, які детермінують рівень селекційно важливих ознак.

1.3.4 Особливості рівня та варіабельності ознак ячменю ярого

Завданням селекції є створення високоврожайних сортів, які відповідають вимогам виробництва. Враховуючи важливість ячменю як сільськогосподарської культури широкого застосування, орієнтованої на експорт, створення високоадаптованих сортів саме цієї культури є актуальним. Основним методом селекції ячменю є міжсортова гібридизація, тому актуальним є дослідження особливостей та підбір вихідного матеріалу для схрещування за цінними ознаками, зокрема високим рівнем урожайності та стійкості до негативних чинників середовища – особливо до вилягання та хвороб.

Дослідженнями різних авторів показано, що селекційно цінні ознаки, зокрема врожайність, залежать від сорту і умов вирощування, а також можуть мати різну варіабельність [46]. Це пояснюється тим, що реалізація врожайності є специфічною для сорту, визначається генотиповими особливостями та умовами вирощування. Для підвищення стабільності врожаїв ячменю слід мати різноманітний генетичний матеріал, при цьому важливим є використання в селекційному процесімісцевого генофонду [47]. Для створення сортів ячменю з певними

властивостями важливе значення має наявність вихідного матеріалу для комбінаційної селекції, яка є ефективним методом одержання бажаної рекомбінації необхідних ознак [48]. Компоненти схрещування повинні мати ознаки, які необхідно поєднати в повному генотипі.

На рівень врожайності ячменю також впливає тривалість вегетації, яка в свою чергу залежить від особливостей генотипу та умов вирощування. Серед кліматичних факторів найважливішими є освітлення і температура. За теплої погоди вегетаційний період ячменю скорочується, а за прохолодної при більшій зволоженості – подовжується. Таким чином, сорт як основний елементтехнології вирощування є результатом складної взаємодії генотип-середовище, так як може реалізувати продукційний потенціал і технологічні якості лише в конкретному середовищі [49].

Ячмінь ярий схильний до ураження збудниками ряду хвороб. Система захисту рослин від ураження збудниками хвороб включає комплекс заходів, у тому числі агрохімічних. Але створення сортів ячменю, захищених генетичним бар'єром стійкості до патогенів, істотно обмежує застосування пестицидів, що дає бажаний ефект – не тільки економічний, але і екологічний. Ефективність селекції на стійкість проти хвороб потребує надійних джерел імунності, що мають генетично зумовлену стійкість [50].

Таким чином, актуальними є дослідження рівня та варіабельності ознак різних сортів і селекційних ліній в залежності від умов вирощування та добір вихідного матеріалу для селекції. В тому числі селекція на стійкість до хвороб не втрачає актуальності, особливо в зв'язку з сучасними вимогами доекологічно чистої продукції. Успіх селекції залежить від наявності джерел та донорів стійкості до хвороб з урахуванням місцевого расового складу збудників.

Висновки до розділу 1

1. Задачею селекції ячменю ярого є створення високоврожайних сортів звисокою якістю зерна та стійкістю до негативних чинників середовища.
2. Селекція ячменю базується на доборі цінних генотипів, створених різними методами, зокрема в результаті комбінаційної мінливості при гібридизації

вихідних батьківських компонентів.

3. Підбір цінного вихідного матеріалу базується на фенотиповому прояві кількісних ознак, особливості якого залежать від генотипу та умов вирощування. Їх необхідно визначати в різних умовах для конкретного регіону.
4. Дослідники різних країн визначили залежність як рівня кількісних ознак рослин, так і господарських ознак, їх варіабельності від генотипу, біо- та абіотичних чинників в умовах навколишнього середовища. Але результати досліджень селекційно-генетичних особливостей сортів, зокрема успадкування,загальної і специфічної комбінаційної здатності та стосовно переважання адитивних чи неадитивних ефектів генів є неоднозначними.
5. У світі вирощують сорти ячменю різних різновидностей, тому доцільною є селекція таких сортів, зокрема остистих і безостих, плівчастих і голозерних, двохрядних і шестирядних та інших з урахуванням селекційно- генетичних особливостей вихідного матеріалу.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення селекційної цінності вихідного матеріалу заособливостями кількісних ознак рослин і господарських показників, а також селекційно-генетичних особливостей у системі топкросів у дослідженнях було використано сорти і селекційні лінії ячменю ярого.

У 2022–2023 рр. вихідним матеріалом у дослідженнях були 22 сорти ячменю ярого різних різновидностей:

– один сорт різновидності *submedicum* Orl. (Взірець),

– один шестирядний сорт різновидності *rikotense* Red. (Аміл),

– 13 сортів різновидності *nutans* Schübl. (Авгур, Аграрій, Хорс, Троян, Резерв, Святомихайлівський, Талісман Миронівський, KWS Bambina, Datcha, Gladys, Grace, Quench, Margret).

– чотири голозерні сорти різновидності *nudum* L. (Merlin, Гатунок, Ахіллес, Явір),

– три безості сорти різновидності *inerme* Coern. (Контраст, Кречет, Модерн).

Досліджено також дві безості плівчасті лінії 14-561 і 15-139 різновидності *inerme* Coern, одна безоста голозерна лінія15-1246 різновидності *duplialbum* L.

Батьківськими сортами для парних схрещувань два плівчасті сорти Аграрій і Scrabble різновидності *nutans* Schübl. і голозерний колекційний зразок NSGJ 1 різновидності *nudum* L. Для визначення селекційно-генетичних особливостей вихідного матеріалу досліджено F_1 75 гібридних комбінацій, одержаних від схрещувань 25 материнських з трьома батьківськими компонентами.

Для доборів рослин у гібридних популяціях, які розщеплюються, досліджено F_2. Потомства відібраних у F_2 рослин оцінено в селекційному розсаднику.

РОЗДІЛ 3

УМОВИ, ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Ґрунтово-кліматичні та агрометеорологічні умови проведення досліджень

Дослідження проводилися у НВВ Уманського національного університету садівництва.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом (гумусу біля 1,5 %) товщиною 40–45см; pH (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв на 100 г ґрунту, ступінь насиченості основами 90–95%, сума ввібраних основ – 24,6 мг.екв на 100г ґрунту. В орному шарі міститься 108,7 мг/кг грунту легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом); 59 мг/кг – рухомого фосфору (за Чиріковим); 120,5 мг/кг – обмінного калію (за Чиріковим). Об'ємна маса грунту складає 1,26–1,34 г/см^3, найменша польова вологоємкість 16,2% в орному і 14,6% в підорному шарах.

Отже, даний тип ґрунту родючий за своїми фізико-хімічними властивостями та відповідає вимогам культури.

3.2.Методика проведення досліджень

Для визначення морфо-біологічних і селекційно-генетичних особливостей сортів і ліній ячменю ярого проведено дослідження кількісних ознак і господарських показників спеціальними методами дослідження: польовим, структурного аналізу, біохімічними, генетичними, статистичними. Польові досліди проведено в полях наукової сівозміни згідно «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин» [51]. Попередник – горох на зерно.

Агротехнічні роботи з підготовки грунту та догляду за рослинами – загальноприйняті для зони для ячменю ярого.

Польові досліди з дослідження вихідних батьківських сортів та ліній закладали в 2021–2023 рр. по типу конкурсного сортовипробування в чотирьох повтореннях. Довжина ділянок – 10 м, ширина – 1 м, рядків – 7, міжряддя – 0,15 см, міжділянкові доріжки – 0,5 м. Висівали насіння селекційною сівалкою ССФК-7 в оптимальні строки.

Гібридизацію проведено за системою повних топкросів у 2021 і 2022 роках. Висів насіння першого покоління для вирощування F_1 проведено сівалкою СКС-6 (повторень – два, довжина рядків – 1 м, міжряддя – 0,2 м).

Протягом вегетації проведено фенологічні спостереження, відмічено дати сходів, колосіння та дозрівання. На інфекційних фонах лабораторії імунітету рослин до хвороб та шкідників проведено оцінку стійкості до хвороб і вилягання за дев'ятибальною шкалою (борошниста роса, кам'яна сажка, гельмінтоспоріоз).

У досліді визначали врожайність зерна, масу 1000 зерен, вміст білка та крохмалю в зерні згідно «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин» [51]. Структурний аналіз проводили на 30 рослинах кожного зразка за 11 ознаками рослин (висота, загальна і продуктивна кущистість, щільність і довжина основного колоса, маса зерна з основного і колосся зпідгону, продуктивність) [51].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою STATISTICA 6 та EXCEL і різних методик для визначення:

– достовірності відмінності варіантів, варіабельності за дисперсійним аналізом,

– кореляції,

– коефіцієнтів шляхового аналізу за методикою S. Wright,

– успадкування,

– комбінаційної здатності у F_1.

Статистичну обробку даних урожайності проводили за допомогою ANOVA. Інформативність та диференціюючу здатність середовища (років), а також селекційну цінність сортів визначали за GGE-biplot аналізом.

Групування отриманих даних проводили за класифікацією G.M. Beil, R.E.

Atkins [56], за якою можливими є наступні типи взаємодії генів:

hp>1 – гетерозис (позитивне наддомінування), 0,5<hp≤1 – позитивне домінування,-0,5≤ hp≤0,5 – проміжне успадкування,-1≤ hp≤ -0,5 – негативне домінування, hp< -1 – депресія (негативне наддомінування).

Ступінь перевищення рівня ознаки у F_1 над батьками визначали за гетерозисом істинним (heterobeltiosis, H_{bt}), який дає змогу виявити найсильніший прояв ознаки F_1 у порівнянні з кращим батьківським компонентом і тим самим – оцінити селекційну цінність та ймовірність утворення трансгресивних сегрегантів у гібридній комбінації. Гетерозис істинний визначали за формулою (2.3):

$$Hbt(\%) = \frac{(F1-BP)}{BP} x\ 100 \qquad (2.3),$$

де H_{bt} – істинний гетерозис,

F_1 – значення ознаки у гібрида,

BP – значення ознаки у кращого з батьківських компонентів.

Шляховий аналіз проводили згіднометодики S. Wright (1934).

Залежність продуктивності рослин ячменю від інших ознак можна виразити через рівняння множинної регресії: (2.4)

$$Y = Yc + b_1(X_1 - X_{1c}) + b_2(X_2 - X_{2c}) + \ldots + b_n(X_n - X_{nc}) + E \qquad (2.4)$$

де Y – продуктивність рослини, г;

Yc – середня продуктивність рослини, г;

$X_1 \ldots X_n$ – значення ознаки № 1 … n;

$X_{1c} \ldots X_{nc}$ – середнє статистичне значення ознаки № 1 … n;

$b_1 \ldots b_n$ – коефіцієнти регресії $X_1 \ldots X_n$ на Y;

E – загальна похибка рівняння, яка включає і похибку досліду.

Введемо позначення:

$y = Y - Yc$; $x_1 = X_1 - X_{1c}$; $x_2 = X_2 - X_{2c}$; ... ; $x_n = X_n - X_{nc}$.

Проведемо нормування змінних ознак, тобто розділимо відхилення їх від середніх значень на свої стандартні відхилення:

$$x_i = (X_i - X_{ic}) / \sigma_i$$

де x_i – нормоване значення ознаки з номером *i*;

X_i – фактичне значення ознаки з номером *i*;

X_{ic} – середнє статистичне значення ознаки з номером *i*;

σ_i – стандартне відхилення ознаки з номером *i*;

$i = 1, 2, \ldots, n$

n – загальна кількість ознак, які достовірно впливають на продуктивність.

Тоді рівняння (2.4) прийме вигляд: (2.5)

$$y / \sigma_y = b_1(\sigma_1/\sigma_y)(x_1/\sigma_1)+b_2(\sigma_2/\sigma_y)(x_2/\sigma_2)+\ldots+b_n(\sigma_n/\sigma_y)(x_n/\sigma_n) + \sigma_e/\sigma_y)(E/\sigma_e) \quad (2.5)$$

Позначимо: $P_i = b_i (\sigma_i / \sigma_y)$. Величину Pi називають коефіцієнтом шляху ознаки x_i до залежної змінної ***y*** (у нашому випадку продуктивності рослини).

Для визначення шляхових коефіцієнтів S. Wright складемо систему ***n*** лінійних рівнянь із ***n*** невідомими: (2.6)

$$\sum_{J=1}^{n} P_j r_{ij} = r_{yi} \quad (2.6)$$

де P_j – шляховий коефіцієнт від *j*-ої ознаки до *y*;

r_{ij} – коефіцієнт кореляції між *i*-ою та *j*-ою ознаками;

r_{yi} – коефіцієнт кореляції між *y* та *i*-ою ознакою;

$i = 1, 2, \ldots \boldsymbol{n}$.

Таким чином, шляховий коефіцієнт S. Wright – це стандартизований коефіцієнт регресії незалежної ознаки на залежну функцію. На відміну від коефіцієнта кореляції шляховий коефіцієнт є векторною величиною.

Висновки до розділу 3

1. У 2021–2023 рр. метеорологічні умови за тепло- та вологозабезпеченістю були різними, це відображає особливості умов зони східної частини Лісостепу України та дає можливість об’єктивно оцінити вихідний матеріал за врожайністю, продуктивністю, їх структурними елементами та іншими кількісними ознаками, а також за варіабельністю, адаптивністю, кореляцією та шляховим аналізом.

2. Установлено, що за період проведення дослідження один рік (2022) був в основному сприятливим для вирощування ячменю ярого, адва (2021 та 2023) – несприятливими.

3. Дослідження проведено з 22 сортами і трьома лініями ячменю ярого різних різновидностей: *nutans* Schübl., сорти якої значно переважають у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, а також рідкісних у ньому різновидностей *rikotense* Red., *submedicum* Orl., *inerme* Coern., *nudum* L., *duplialbum* L. Визначення їх особливостей є важливим для ведення селекції сортів різних різновидностей, які широко вирощують у світі.

4. Використання 22 сортів і трьох ліній в гібридизації за схемою парних схрещувань є важливим для встановлення їх селекційно-генетичних особливостей за успадкуванням, комбінаційною здатністю, а також для створення цінних гібридних комбінацій для одержання ліній різних різновидностей.

5. При виконанні польових та лабораторних досліджень використано загальноприйняті методики, для аналізу експериментальних даних – одномірний та багатомірний види аналізу. Здійснено селекційно-орієнтовний аналіз оцінки відмінності селекційного матеріалу за реакцією на зміну умов середовища, визначення селекційної цінності вихідного матеріалу та прогнозування перспективних гібридних комбінацій.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Варіабельність продуктивності та інших кількістних ознак сортів іліній ячменю ярого

Установлення у сортів ячменю ярого рівня і варіабельності продуктивності та її структурних елементів у залежності від умов вирощування та генотипу, визначення ознак зі стабільним проявом рівня варіювання є важливим для підвищення ефективності доборів перспективного матеріалу в селекційному процесі.

Для цього в 2021–2023 рр. було проведено дослідження, де вихідним матеріалом були 22 сорти та три лінії ячменю ярого різного походження, у тому числі плівчастих та голозерних. Сорти вирощували в розсаднику сортовипробування, площа ділянки 10 м^2. Для аналізу елементів структури продуктивності з кожного зразка відбирали 30 типових для сорту рослин, визначали висоту, продуктивну кущистість, довжину колоса, кількість зерен та масу зерна з головного колоса, масу зерна з рослини (продуктивність).

Рівень прояву та варіювання кількісних ознак продуктивності рослин у сортів ячменю ярого був різним як за роками, так і за сортами, це визначено за допомогою дисперсійного аналізу, апостеріорне порівняння – за Homogenous groups (Fisher LSD). Так, за висотою рослин істотно відрізнявся від двох інших 2023 р. (81 см), за продуктивною кущистістю (2,5 стебел) – 2022 р. Довжина колоса (7,19 см) у 2021 р. була істотно меншою за рівень цієї ознаки в 2022 та 2023 рр. Маса зерна з основного колоса мала істотні відмінності між рівнем 2022 та 2023 рр. (1,29 г та 1,14 г відповідно), тодіяк у 2021 р. (1,21 г) цей показник знаходився на рівні обох інших років. Аналогічно – за продуктивністю, де істотною була відмінність між рівнями 2021 та 2023 рр. (2,28 г та 2,78 г відповідно), а продуктивність у 2022 р. була на рівні обох інших років (2,63 г). Маса 1000 зерен та кількість зерен у колосі за роками не мали істотних відмінностей. Таким чином, рівень прояву продуктивності та інших кількісних ознак найвищим був у 2022р. та 2023 р. (табл. 3.1–3.15).

Висота рослин у 2021 р. та 2022 р. була на одному рівні (62 см та 63 см відповідно). Істотно більшою, ніж у ці два роки, вона була в 2023 р. (81 см). Це можна пояснити надмірною зволоженістю та відносно низькими температурами в 2023 р. у міжфазні періоди сходи-кущіння та кущіння- колосіння, коли рослини ячменю посилено нарощували вегетативну масу.

Рівень прояву ознак та їх мінливість залежала також і від генотипу. Так, усі досліджені зразки не були високорослими, але низькорослими (до 60 см) серед них були Gladys (59 см) і Merlin (57 см). Відносно високорослими були сорт Ґатунок (77 см), лінія 15-1246 (7 см) та сорт Святомихайлівський (80 см). Усі інші зразки мали середню висоту (див. додаток А6). Варіабельність висотислабкою була лише у лінії 15-1246 (9,08 %), сильною – у сортів Хорс, Троян, Ґатунок (понад 20 %) (табл. 3.1). Зважаючи на середню варіабельність висоти у сортів Gladys і Merlin, їх можна вважати джерелами низькорослості.

Таблиця 3.1 – Висота рослин та її варіабельність у ячменю ярого

Зразок	Висота, см				Коефіці-єнт варі-ації, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середня	
1	2	3	4	5	6
Взірець – стандарт	60	56	80	65	19,68
Аміл	64	61	86	70	19,41
Авгур	59	65	75	66	12,19
Аграрій	60	58	78	65	16,86
Хорс	65	65	92	74	*21,07*
Троян	65	64	92	74	*21,56*
Резерв	62	70	88	73	18,16
Святомихайлівський	72	79	89	80	10,68
Талісман миронівський	56	55	76	62	19,00
KWS Bambina	57	58	79	65	19,21
Datcha	57	54	76	62	19,14
Gladys	55	56	67	59	11,22
Grace	58	60	78	65	16,86
Quench	64	56	71	64	11,79

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
Margret	60	60	78	66	15,75
Merlin	52	51	68	57	16,74
Ґатунок	68	66	96	77	*21,88*
Ахіллес	70	67	86	74	13,74
Явір	60	63	84	69	18,95
Контраст	62	64	85	70	18,12
Кречет	67	62	84	71	16,24
Модерн	70	67	85	74	13,03
15-1246	78	70	84	77	**9,08**
Геркулес	66	62	81	70	14,38
15-139	66	69	88	74	16,05
Середня	63	62	81	69	

Примітка. Жирним шрифтом виділено слабку варіабельність, курсивом – сильну.

Продуктивна кущистість у всіх зразків була високою (понад 1,5 стебла), але дуже високою – лише у сортів Кречет (3,0 стебел), Хорс (2,7), Геркулес (2,7), Троян (2,5), ліній 15-1246 (2,5) та 15-139 (2,6) (див. додаток А1). Щодо реакції генотипів на зміну умов середовища, то за роками варіабельність продуктивної кущистості була слабкою (<10 %) сортів Святомихайлівський, Талісман миронівський, Явір, Геркулес, Merlin та лінії 15-139. Зовсім не реагувала лінія 15-1246 (0,0 % варіабельність), маючи при цьому високу продуктивну кущистість (2,5 стебел). Дуже сильно (коефіцієнт варіації понад 20 %) реагували на зміну погодних умов Аміл, Авгур, Хорс, Резерв, KWS Bambina, Datcha, Gladys, Grace, Quench, Ґатунок, Кречет (табл. 3.10). Таким чином, слід відмитити зразки з високим рівнем та низькою варіабельністю продуктивної кущистості – сорт Геркулес та лінії 15-139 і 15-1246.

Таблиця 3.2 – Продуктивна кущистість та її варіабельність у ячменю ярого

Зразок	Продуктивна кущистість, штук стебел				Коефіцієнт варіації, %
	2021 р.	2022р.	2023 р.	середня	
1	2	3	4	5	6
Взірець – стандарт	1,7	2,4	2,4	2,2	18,65
Аміл	2,1	2	1,2	1,8	*27,92*
Авгур	1,1	2,5	1,3	1,6	*46,36*
Аграрій	1,7	2,3	1,9	2,0	15,53
Хорс	2,2	3,6	2,3	2,7	*28,93*
Троян	2,8	2,1	2,7	2,5	14,94
Резерв	1,5	2,3	2,3	2,0	*22,72*
Святомихайлівський	2,0	2	1,7	1,9	**9,12**
Талісман миронівський	2,0	2,3	1,9	2,1	10,07
KWS Bambina	2,3	2,6	1,6	2,2	*23,68*
Datcha	1,6	2,0	1,3	1,6	*23,21*
Gladys	1,5	2,4	1,7	1,9	*25,32*
Grace	2,0	3,3	1,8	2,4	12,38
Quench	1,4	3,3	2,2	2,3	*41,48*
Margret	2,2	1,9	1,7	1,9	13,02
Merlin	2,4	2,3	2,0	2,2	**9,32**
Ґатунок	2,5	2,6	1,4	2,2	*30,73*
Ахіллес	2,5	2,4	2,0	2,3	11,50
Явір	2,1	2,2	2,4	2,2	**6,84**
Контраст	2,3	2,2	2,8	2,4	13,21
Кречет	3,5	3,2	2,3	3,0	*20,82*
Модерн	2,4	2,2	2,8	2,5	12,39
15-1246	2,5	2,5	2,5	2,5	**0,00**
Геркулес	2,9	2,6	2,5	2,7	**7,81**
15-139	2,9	2,6	2,2	2,6	**9,90**
Середня	2,2	2,5	2,0	2,2	

Примітка. Жирним шрифтом виділено слабку варіабельність, курсивом – сильну.

За довжиною основного колоса довгоколосими (понад 9,0 см) можна

вважати лише лінію 15-139 (9,1 см) та сорт Модерн (9,0 см), обидва зразки належать до безостих. Усі інші зразки мали колос середньої довжини (6,0–8,9 см). Але серед них можна відмітити зразки з колосом довжиною понад 8,0 см,це Ахіллес, Кречет, Ґатунок, Святомихайлівський, Grace, 15-1246, Геркулес(табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Довжина колоса та її варіабельність у ячменю ярого

Зразок	Довжина колоса, см				Коефіці-єнт варі-ації, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середня	
Взірець – стандарт	6,7	7,7	8,2	7,5	10,14
Аміл	6,0	7,1	6,2	6,4	**9,11**
Авгур	6,0	8,7	7,0	7,2	18,87
Аграрій	6,8	7,4	7,4	7,2	**4,81**
Хорс	6,0	8,1	7,4	7,2	14,92
Троян	8,0	7,7	7,3	7,7	**4,58**
Резерв	6,5	7,2	6,6	6,8	**5,59**
Святомихайлівський	8,0	9,2	8,4	8,5	**7,16**
Талісман миронівський	6,5	7,8	6,5	6,9	10,83
KWS Bambina	7,0	7,6	8,0	7,5	**6,68**
Datcha	7,5	6,9	6,2	6,9	**9,48**
Gladys	6,0	8,2	7,0	7,1	15,59
Grace	7,5	8,4	9,9	8,6	14,10
Quench	6,0	8,4	8,2	7,5	17,68
Margret	7,0	7,7	7,6	7,4	**5,09**
Merlin	6,0	7,5	6,6	6,7	11,27
Ґатунок	8,0	9,5	7,8	8,4	11,02
Ахіллес	8,0	9,2	6,9	8,0	14,32
Явір	7,0	8,1	8,2	7,8	**8,57**
Контраст	6,0	8,0	7,3	7,1	14,29
Кречет	8,4	8,3	8,5	8,4	**1,19**
Модерн	8,9	9,0	9,0	9,0	**0,64**
15-1246	9,0	8,7	8,1	8,6	**5,33**
Геркулес	9,0	8,4	9,0	8,8	**3,94**
15-139	8,0	9,2	10,0	9,1	11,10
Середня	7,2	8,2	7,7	7,7	

Примітка. Жирним шрифтом виділено слабку варіабельність.

Сильної варіабельності за довжиною колоса не відмічено, слабкою вона була у сортів Аміл, Агарій, Троян, Резерв, Святомихайлівський, KWS Bambina, Datcha, Margret, Явір, Кречет, Модерн, Геркулес та лінії 15-1246. У підсумку слід відмітити зразки з довгим колосом та слабкою варіабельністю – Модерн (9,0 см), Геркулес (8,8 см), 15-1246 (8,6 см), Святомихайлівський (8,5 см), Кречет (8,4 см) (див. табл. 3.3). Ці зразки можуть бути джерелами довгоколосості.

Кількість зерен у колосі була середньою як за генотипами (20–24 зерна), так і за роками (22–24 зерна). Великою у порівнянні з двохрядними зразкми вона була лише у шестирядного сорту Аміл (50 зерен). Найменше зерен у колосі(20 шт.) відмічено у сортів Хорс, Резерв, Контраст, найбільше (24 шт.) – Святомихайлівський, Grace, Quench, Ґатунок, Модерн, 15-1246, 15-139 (див. додаток А3). Варіабельність за довжиною колоса була переважно слабкою, середньою – лише у сортів Святомихайлівський, Gladys, Grace, Quench (табл. 3.4). Таким чином, джерелами великої кількості зерен у колосі можна вважати зразки Святомихайлівський, Grace, Quench, Ґатунок, Модерн, 15-1246, 15-139, які поєднують високий рівень прояву ознаки з її слабкою або середньою варіабельністю.

Таблиця 3.4 – Кількість зерен у колосі та її варіабельність у ячменю ярого

Зразок	Кількість зерен у колосі, штук				Коефіцієнт варіації, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середня	
1	2	3	4	5	6
Взірець – стандарт	20	22	23	22	**7,02**
Аміл	45	53	52	50	**8,72**
Авгур	19	23	22	21	**9,26**
Аграрій	21	22	23	22	**4,59**
Хорс	18	21	21	20	**8,53**
Троян	20	21	22	21	**4,78**
Резерв	18	21	21	20	**8,53**

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6
Святомихайлівський	21	26	25	24	11,02
Талісман миронівський	20	24	23	22	**9,00**
KWS Bambina	22	23	20	22	**7,44**
Datcha	21	21	20	21	**2,57**
Gladys	19	23	25	22	12,83
Grace	21	24	26	24	10,70
Quench	20	25	26	24	13,52
Margret	21	22	21	21	**3,77**
Merlin	19	23	21	21	**9,52**
Ґатунок	23	26	24	24	**6,28**
Ахіллес	22	21	22	22	**2,39**
Явір	19	22	23	21	**9,76**
Контраст	19	21	19	20	**5,30**
Кречет	22	22	22	22	**0,78**
Модерн	22	24	25	24	**6,42**
15-1246	25	24	24	24	**2,10**
Геркулес	22	24	24	23	**4,56**
15-139	23	25	24	24	**4,17**
Середня	22	24	23	23	

Примітка. Жирним шрифтом виділено слабку варіабельність.

Маса зерна з основного колоса у всіх зразків була середньою, за виключенням шестирядного сорту Аміл (1,97 г), у якого відносно високий рівень ознаки пояснюється великою у порівнянні з двохрядними зразками кількістю зерен у колосі (50 зерен). Серед двохрядних найвищою (понад 1,2 г) маса зерна з колоса була у сортів Троян, Святомихайлівський, Gladys, Grace, Margret, Ґатунок, Явір, Геркулес та лінії 15-1246 (табл. 3.13, див. додаток А3). При цьому варіабельність ознаки була слабкою у зразків Взірець, Аграрій, Троян, Талісман миронівський, Datcha, Quench, Margret, Явір, Кречет, Модерн, Геркулес, 15-139, сильною – Аміл, Ґатунок, Ахіллес, Merlin. Таким чином, імовірними джерелами маси зерна з основного колоса є зразки Троян, Margret, Явір, Геркулес.

Таблиця 3.5 – Маса зерна з основного колоса та її варіабельність у ячменю ярого

Зразок	Маса зерна з основного колоса, г				Коефіці-єнт варі-ації, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середня	
Взірець – стандарт	0,98	1,03	1,05	1,02	**3,53**
Аміл	1,88	2,47	1,56	1,97	*23,43*
Авгур	0,85	1,25	1,08	1,06	18,94
Аграрій	1,14	1,13	1,00	1,09	**7,17**
Хорс	1,00	1,26	1,21	1,17	11,93
Троян	1,34	1,15	1,26	1,25	**7,63**
Резерв	0,82	1,13	1,1	1,02	16,82
Святомихайлівський	1,36	1,66	1,57	1,53	10,06
Талісман миронівський	1,09	1,13	1,19	1,14	**4,43**
KWS Bambina	1,26	1,31	0,95	1,17	16,62
Datcha	1,27	1,19	1,06	1,17	**9,03**
Gladys	1,11	1,47	1,07	1,22	18,11
Grace	1,26	1,44	1,58	1,43	11,24
Quench	1,08	1,17	1,28	1,18	**8,51**
Margret	1,22	1,22	1,27	1,24	**2,33**
Merlin	1,10	1,54	0,86	1,17	*29,56*
Ґатунок	1,28	1,45	0,92	1,22	*22,24*
Ахіллес	1,38	1,36	0,82	1,19	*26,77*
Явір	1,14	1,27	1,30	1,24	**6,88**
Контраст	1,72	0,95	0,90	1,19	14,12
Кречет	1,16	1,14	0,98	1,09	**9,02**
Модерн	1,09	1,07	1,21	1,12	**6,74**
15-1246	1,36	1,30	1,08	1,25	11,83
Геркулес	1,33	1,17	1,30	1,27	**6,71**
15-139	1,07	1,00	0,95	1,00	**5,99**
Середня	1,21	1,29	1,14	1,22	

Примітка. Жирним шрифтом виділено слабку варіабельність, курсивом – сильну.

Маса 1000 зерен у роки дослідження була середньою як за генотипами, так і за роками (40,3–49,5 г). Відносно високий рівень ознаки (понад 45,5 г)

відмічено у сортів Хорс, Троян, Резерв, Святомихайлівський, Datcha, Gladys, низький (менше 42,5 г) – Взірець, Аграрій, Quench, голозерних Merlin, Ґатунок, безостої лінії 15-139 (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Маса 1000 зерен та її варіабельність у ячменю ярого

Зразок	Маса 1000 зерен, г				Коефіцієнт варіації, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середня	
Взірець – стандарт	42,0	40,5	44,4	42,3	4,65
Аміл	44,5	42,5	44,7	43,9	2,77
Авгур	43,2	42,5	44,5	43,4	2,34
Аграрій	41,5	41,5	43,5	42,2	2,74
Хорс	46,5	49,5	52,5	49,5	6,06
Троян	44,7	47,5	50,2	47,5	5,79
Резерв	47,5	50,5	49,0	49,0	3,06
Святомихайлівський	48,5	46,5	51,0	48,7	4,63
Талісман миронівський	42,5	42	45,7	43,4	4,63
KWS Bambina	43,5	44,5	45,7	44,6	2,47
Datcha	47,0	47,5	47,5	47,3	0,61
Gladys	48,0	48,0	46,0	47,3	2,44
Grace	43,0	43,0	46,0	44,0	3,94
Quench	42,0	41,0	40,5	41,2	1,86
Margret	46,0	43,5	39,7	43,1	7,37
Merlin	41,0	42,0	38,0	40,3	5,16
Ґатунок	42,0	42,0	42,5	42,2	0,68
Ахіллес	44,5	44,0	42,0	43,5	3,04
Явір	44,2	45,5	42,0	43,9	4,03
Контраст	43,5	43,0	44,5	43,7	1,75
Кречет	44,0,	44,0	45,7	44,6	2,20
Модерн	44,5	46,0	44,0	44,8	2,32
15-1246	43,0	46,0	40,5	43,2	6,38
Геркулес	42,0	45,0	46,0	44,3	4,70
15-139	41,0	42,0	42,0	41,7	1,39
Середня	44,0	44,4	44,7	44,4	–

Варіабельність маси 1000 зерен низька як за роками, так і за генотипами,

що пояснюється більш значною залежністю ознаки від генотипу, ніж від впливу середовища. Джерелами крупнозерності можна вважати сорти Хорс (49,5 г), Резерв (49,0 г), Святомихайлівський 48,7 г), Троян (47,5 г), Datcha (47,3 г), Gladys (47,3 г).

Для селекційного процесу основною ознакою рослини є продуктивність. За цією ознакою високий рівень прояву (понад 3,0 г) відмічено у сортів Аміл (3,63 г), Кречет (3,22 г), Троян (3,13 г), Хорс (3,09 г). ці сорти істотно перевищували за продуктивністю стандарт Взірець. Низькою (менше 2,0 г) булапродуктивність лінії 15-139 (1,87 г) та сортів Datcha (1,79 г) і Взірець (1,99 г) (табл. 3.7). Висока продуктивність шестирядного сорту Аміл формувалася за рахунок великої кількості та маси зерен з колоса, безостого сорту Кречет – продуктивної кущистості та довжини колоса, сорту Троян – продуктивної кущистості, маси зерна з колоса та маси 1000 зерен, сорту Хорс – продуктивної кущистості та маси 1000 зерен.

Таблиця 3.7 – Продуктивність та її варіабельність у ячменю ярого

Зразок	Продуктивність, г				Коефіцієнт варіації, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середня	
1	2	3	4	5	6
Взірець – стандарт	1,70	2,29	1,98	1,99	14,83
Аміл	3,50	4,24	3,14	3,63	15,46
Авгур	1,97	2,75	2,46	2,39	16,47
Аграрій	1,82	2,18	2,52	2,17	16,11
Хорс	2,00	3,75	3,51	3,09	*30,74*
Троян	3,10	2,25	4,05	3,13	*28,74*
Резерв	1,11	2,19	3,7	2,33	*55,75*
Святомихайлівський	2,35	2,68	3,5	2,84	*20,83*
Талісман миронівський	1,79	2,17	3,15	2,37	*29,61*
KWS Bambina	2,40	2,77	2,20	2,46	11,77
Datcha	1,88	2,02	1,47	1,79	15,97
Gladys	1,41	2,80	1,90	2,04	*34,62*
Grace	1,95	2,78	3,08	2,60	*22,48*

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6
Quench	1,28	3,08	3,65	2,67	*46,33*
Margret	2,50	2,05	2,94	2,50	17,82
Merlin	2,16	2,57	3,01	2,58	16,48
Ґатунок	2,85	3,06	1,76	2,56	*27,30*
Ахіллес	2,85	3,55	2,06	2,82	*26,43*
Явір	2,23	2,52	3,23	2,66	19,34
Контраст	2,47	1,93	2,55	2,32	14,56
Кречет	3,51	2,94	3,2	3,22	**8,87**
Модерн	2,21	1,94	3,25	2,47	*28,04*
15-1246	2,73	2,71	2,78	2,74	**1,32**
Геркулес	2,66	2,52	3,15	2,78	11,91
15-139	2,47	1,94	1,2	1,87	*34,11*
Середня	2,28	2,63	2,78	2,56	

Примітка. Жирним шрифтом виділено слабку варіабельність, курсивом – сильну.

Варіабельність продуктивності слабкою була у зразків 15-1246 та Кречет, сильною – Хорс, Троян, Резерв, Святомихайлівський, Талісман миронівський, Gladys, Grace, Quench, Ґатунок, Ахіллес, Модерн, 15-139 (див. табл. 3.15). Доречно відмітити, що варіабельність продуктивності не пов’язана з рівнем прояву ознаки, вона була сильною чи слабкою як у високопродуктивних, так і відносно низькопродуктивних зразків. Таким чином, джерелами продуктивності є сорти, які поєднують високий рівень ознаки з її низькою або середньою варіабельністю – Кречет (продуктивність 3,22 г, варіабельність 8,87 %), 15-1246 (2,74 г, 1,32 %), Геркулес (2,78 г, 11,91 %), Явір (2,66 г, 19,34 %), Merlin (2,58 г, 16,48 %), Margret (2,50 г, 17,82 %), KWS Bambina (2,46 г, 11,77 %), Авгур (2,39 г, 16,47 %) (див. табл. 3.7).

Щодо ознак, то найбільш сильно варіювала продуктивність (до 55,75 %), за нею продуктивна кущистість (до 46,36 %). Значно меншою була варіація висоти рослин, довжини основного колоса, кількості зерен та маси зерна з основного колоса. Низькою була варіабельність лише маси 1000 зерен (7,37 %),

що може свідчити про те, що рівень цієї ознаки залежить більше від генотипу, ніж від впливу середовища (табл. 3.16). Таким чином, визначальними для добору на продуктивність можуть бути ознаки довжина основного колоса, кількість зерен у колосі та маса 1000 зерен як такі, які мало змінюються під впливом середовища. Для попередньої польової оцінки за продуктивністю значення мають ознаки довжина колоса та кількість зерен у колосі як такі, які визначаються візуально.

Таблиця 3.8 – Варіабельність кількісних ознак, V %, 2021–2023 рр.

Ознака	Коефіцієнт варіації
Висота рослини	9,08–21,88
Продуктивна кущистість	0,00–46,36
Довжина основного колоса	0,64–18,87
Кількість зерен у колосі	0,78–13,52
Маса зерна з основного колоса	2,33–29,56
Маса 1000 зерен	0,61–7,37
Продуктивність	1,32–55,75

3.1 Мінливість та взаємозв’язки продуктивності та інших кількістних ознак за кореляційним та шляхом аналізами

Доречно відмітити, що лише низької варіабельності ознаки недостатньо для того, щоб ця ознака була ключовою (визначальною) для добору. Для цього необхідно встановити силу зв’язку цієї ознаки з продуктивністю, яка визначається кореляцією. Визначенню кореляції між кількісними ознаками рослин генотипів ячменю присвячено дослідження різних авторів на неоднаковому наборі вихідного матеріалу та в різних умовах.

Проте, хоч парні коефіцієнти кореляції важливі для визначення залежностей між окремими кількісними ознаками рослин, але за їх використання неможливо виявити взаємозалежності між комплексом ознак. Для

визначення внеску кожної ознаки в основну безпосередньо (прямі ефекти) та при взаємодії з іншими ознаками (побічні, опосередковані ефекти) використовують шляховий аналіз основної ознаки, зокрема продуктивності (маси зерна) рослини за методикою S. Wright [184]. Завдяки цьому визначають детермінантні ознаки як критерії прогнозу ефективного добору рослин за основною ознакою.

На важливість шляхового аналізу як ефективного методу статистичного аналізу причин і наслідків в системі взаємопов'язаних ознак ячменю (продуктивність рослини, її структурні елементи, врожайність та ін.) вказували різні автори.

Різними дослідниками показано доцільність визначення взаємозалежності між основними та іншими ознаками рослин з використанням як парних коефіцієнтів кореляції, так і шляхового аналізу основної ознаки для встановлення прямих і опосередкованих ефектів взаємопов'язаних ознак. Проте в їх дослідженнях з різними сортами ячменю та в неоднакових географічних пунктах і умовах вирощування рослин одержано неоднозначні результати (позитивні або негативні, до того ж за різними ознаками) відносно парної кореляції між продуктивністю й іншими кількісними ознаками та результати шляхового аналізу продуктивності. Тому дослідження кореляції ознак і проведення шляхового аналізу продуктивності нових генотипів з різним рівнем показників ознак і в умовах різних років є актуальним.

Метою дослідження було встановлення особливостей взаємозалежності за рівнем парних коефіцієнтів кореляції 10-ти кількісних ознак рослин сортів і ліній ячменю ярого та результатів шляхового аналізу продуктивності (маси зерна) рослини за використання різного набору кількісних ознак, а також визначення на основі цього детермінантних ознак прогнозу ефективності добору високопродуктивних рослин.

Коефіцієнти кореляції визначали за програмою STATISTICA 6 з рішенням системи семи (дев'яти) лінійних рівнянь з сімома (дев'ятьма) невідомими за методом A. Bryman and D. Cramer [240] для визначення шляхових коефіцієнтів

прямих ефектів, а також з розкладом коефіцієнта кореляції між продуктивністю та кожною з семи (дев'яти) ознак на прямий ефект ознаки та побічні ефекти інших для одержання матриці відповідних їм шляхових коефіцієнтів.

У 2021–2023 рр. установлено особливості кореляції за парними коефіцієнтами 10 кількісних ознак рослин ячменю ярого та шляховим аналізом продуктивності.

Кореляція кількісних ознак.

За три роки дослідження встановлено взаємозалежність між продуктивністю (основною ознакою), її структурними елементами (продуктивною кущистістю, кількістю зерен у основному колосі та масою 1000 зерен), її складовими (масою зерна з основного колоса та масою зерна з підгону), іншими кількісними ознаками (висотою рослини та довжиною колоса), а також тривалістю вегетаційного періоду й стійкістю до вилягання (табл. 3.9). Продуктивність позитивно корелювала з продуктивною кущистістюта кількістю зерен у основному колосі, але достовірно лише в 2021 і 2022 рр. (r = 0,79 і 0,39; 0,56 і 0,50 відповідно), а з масою зерна з основного колоса (r =0,61, 0,71 і 0,57) та масою зерна з підгону (r = 0,94, 0,87 і 0,96) достовірно в усі три роки.

Різним за роками був зв'язок продуктивності з висотою рослини – достовірним у 2021 р. (r = 0,47), з довжиною колоса – достовірним у 2021 р. (r = 0,48). Недостовірною була кореляція з масою 1000 зерен (r = -0,14, 0,00 і 0,30), стійкістю до вилягання (r = 0,32, 0,12 і 0,10) і з тривалістю вегетації (r = -0,13, -0,10 і -0,17).

Продуктивна кущистість позитивно корелювала також з масою зерна з підгону (r = 0,81, 0,76 і 0,49). Кількість зерен у основному колосі мала також позитивний зв'язок з масою зерна з основного колоса (r = 0,77, 0,85 і 0,49), але недостовірний з тривалістю вегетації (r = -0,15, -0,20 і -0,23).

Негативним був зв'язок маси 1000 зерен з тривалістю вегетаційного періоду – достовірно в 2021 р. (r = -0,46).

Таблиця 3.9 – Коефіцієнти кореляції ознак ячменю ярого

Ознака	Рік	Висота рослин	Продуктивна кущистість	Довжина колоса	Кількість зерен у колосі	Маса зерна з	Маса зерна з підгон	Маса 1000	Вегетаційний період	Стійкість до вилягання
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Продуктивна кущистість	2021	0,44*		–	–	–	–	–	–	–
	2022	-0,08	1	–	–	–	–	–	–	–
	2023	0,25		–	–	–	–	–	–	–
Довжина колоса	2021	0,68*	0,64*		–	–	–	–	–	–
	2022	0,60*	0,19	1	–	–	–	–	–	–
	2023	0,19	0,37		–	–	–	–	–	–
Кількість зерен з	2021	0,24	0,15	0,03		–	–	–	–	–
	2022	0,03	-0,20	-0,13	1	–	–	–	–	–
колоса	2023	0,14	-0,30	-0,03		–	–	–	–	–
Маса зерна з колоса	2021	0,30	0,31	0,34	0,77*		–	–	–	–
	2022	0,03	-0,20	-0,11	0,85*	1	–	–	–	–
	2023	0,08	-0,11	0,22	0,49*		–	–	–	–
Маса зерна з підгону	2021	0,43*	0,81*	0,43*	0,33	0,29		–	–	–
	2022	0,06	0,76*	0,23	0,18	0,28	1	–	–	–
	2023	0,13	0,49*	-0,10	-0,05	0,32		–	–	–
Маса 1000 зерен	2021	0,07	-0,23	-0,07	-0,06	0,07	-0,19		–	–
	2022	0,37	0,04	-0,13	-0,24	-0,04	0,03	1	–	–
	2023	0,39	0,02	-0,09	-0,05	0,35	0,23		–	–
Вегетаційний період	2021	-0,06	0,04	0,19	-0,15	-0,13	-0,10	-0,46*		–
	2022	-0,18	-0,03	0,12	-0,20	-0,21	0,02	-0,29	1	–
	2023	-0,60*	0,00	0,21	-0,23	-0,04	-0,18	-0,29		–
Стійкість до вилягання	2021	-0,08	0,20	0,06	0,21	0,37	0,23	-0,24	0,38	
	2022	-0,36	-0,01	0,02	0,14	0,08	0,10	-0,35	0,31	1
	2023	-0,20	-0,16	-0,03	0,10	0,35	0,01	0,45*	-0,02	
Продуктив-ність	2021	0,47*	0,79*	0,48*	0,56*	0,61*	0,94*	-0,14	-0,13	0,32
	2022	0,06	0,46*	0,12	0,56*	0,71*	0,87*	0,00	-0,10	0,12
	2023	0,14	0,39	-0,03	0,10	0,57*	0,96*	0,30	-0,17	0,10

Примітка. * – достовірно при p = 0,05.

Висота рослини позитивно корелювала за два роки (2021 і 2022) з довжиною колоса (r = 0,68 та 0,60). Позитивний зв'язок довжини колоса був у ці ж роки з висотою рослини (r = 0,68 та 0,60).

Доречним є встановлення зв’язку між висотою рослин у ячменю стійкістю до вилягання (див. табл. 3.7) (рис. 3.1). Взаємозв’язок між цими двома ознаками був недостовірним, коефіцієнт кореляції навіть за максимальним значенням (r_{max} = -0,36) є неістотним, тобто існує лише тенденція до негативної залежності. Таким чином, вести добір на стійкість до вилягання лише за висотою рослин є недоцільним.

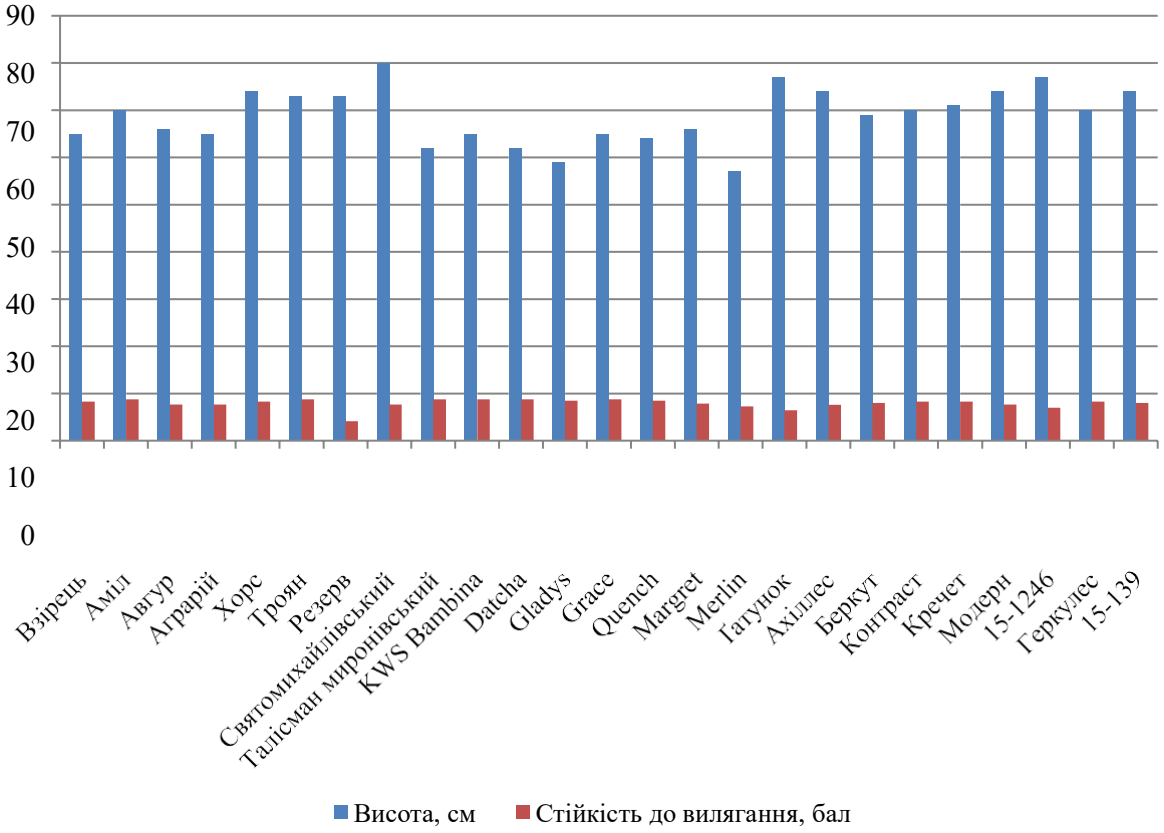


Рис. 3.1 – Висота рослин та стійкість до вилягання зразків ячменю ярого, 2021–2023 рр.

Маса зерна з основного колоса позитивно корелювала з кількістю зерен у основному колосі (r = 0,77, 0,85 і 0,49) і продуктивністю, але достовірно лише за два роки (r = 0,61 та 0,56). За три роки позитивним був зв'язок маси зерна з підгону з продуктивністю (r = 0,94, 0,87 і 0,96) і продуктивною кущистістю (r = 0,81, 0,76 і 0,49).

У стійкості до вилягання був слабкий і неоднозначний за роками зв'язок з іншими ознаками. Тривалість вегетаційного періоду негативно корелювала з масою 1000 зерен – достовірно лише в 2021 р. (r = -0,46).

Таким чином, установлено, що кореляція продуктивності з іншими кількісними ознаками в залежності від умов року змінює як тісноту, так і знак (позитивна чи негативна). Тому для узагальнення кореляції було проведено аналіз за середніми за три роки значеннями ознак. У результаті буловстановлено, що продуктивність найбільш тісно пов'язана з масою зерна з основного колоса (r = 0,62), кількістю зерен у колосі (r = 0,51) та продуктивною кущистістю (r = 0,40) (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Кореляція продуктивності з іншими кількісними ознаками, за середніми 2021–2023 рр.

	Ознака	2	3	4	5	6	7	8
1	Продуктивна кущистість	**0,48**	-0,25	-0,24	-0,00	**0,40**	-0,29	**0,40**
2	Довжина колоса	1	-0,12	-0,12	-0,14	**0,57**	-0,04	0,05
3	Кількість колосків у колосі	–	1	**0,99**	-0,13	0,13	**0,80**	**0,47**
4	Кількість зерен у колосі	–	–	1	-0,10	0,14	**0,82**	**0,51**
5	Маса 1000 зерен	–	–	–	1	0,30	0,13	0,15
6	Висота рослини	–	–	–	–	1	0,13	**0,40**
7	Маса зерна з основного колоса	–	–	–	–	–	1	**0,62**
8	Продуктивність	–	–	–	–	–	–	1

Примітка. Жирним шрифтом виділено істотні значення при рівні значущості p = 0,05.

Насамкінець, при встановленні взаємозв'язків між кількісними ознаками виділено два кореляційні кластери (рис. 3.2):

1. Продуктивність + кількість колосків у колосі + кількість зерен у колосі + маса зерна з основного колоса. До нього входить малий кластер продуктивність + кількість зерен у колосі + маса зерна з основного колоса.

Продуктивність + продуктивна кущистість + висота рослин

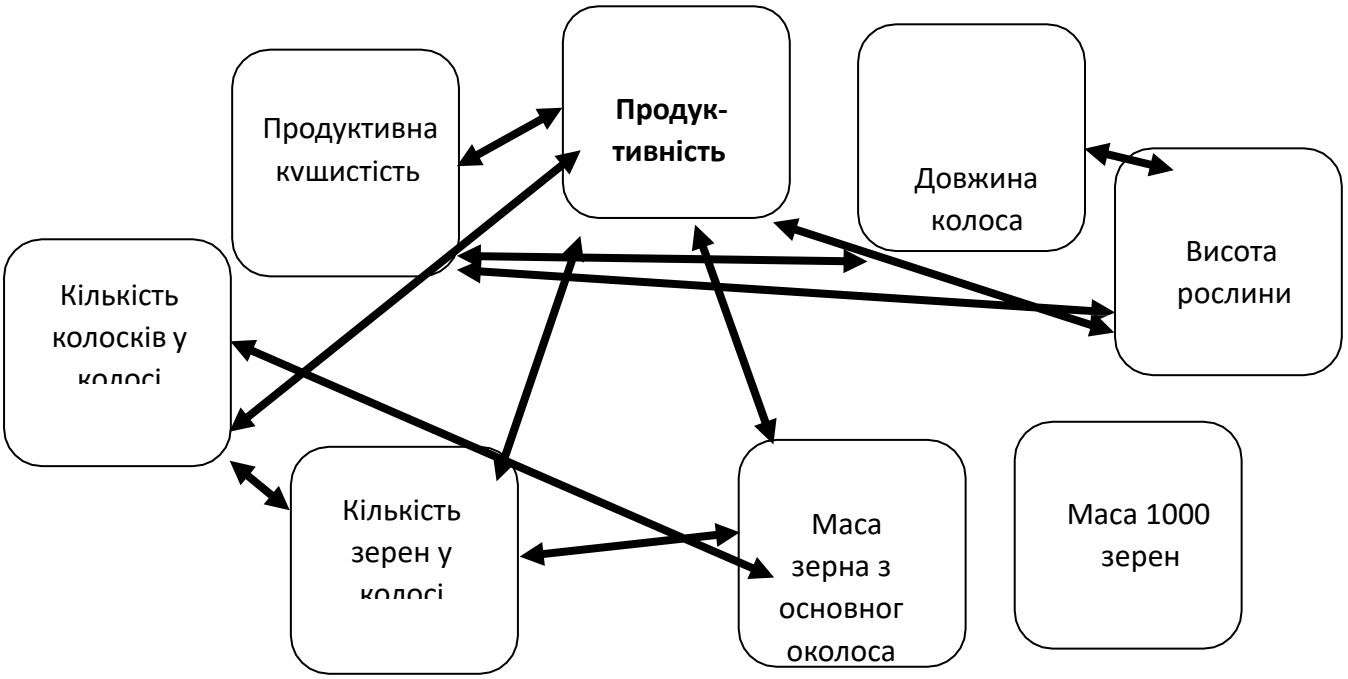


Рис. 3.2 – Кореляційні кластери продуктивності з іншими кількісними ознаками, за середніми 2021–2023 рр. (на рисунку наведено лише істотну кореляцію).

Таким чином, за результати аналізу встановлено істотну кореляцію продуктивності з масою зерна з основного колоса та з підгону в усі три роки. Це є логічним, так як ці дві ознаки і складають, власне, продуктивність. Також кореляція була істотною між продуктивністю, продуктивною кущистістю та кількістю зерен в основному колосі, але лише в два роки – 2021 і 2022 рр. Ураховуючи результати аналізу за середніми даними, де нівелюються неістотні за роками відмінності вихідних даних, та варіабельність ознак, ми приходимо до висновку, що визначальними ознаками для добору на продуктивність є продуктивна кущистість, кількість та маса зерен з основного колоса. З них ознаки продуктивна кущистість та кількість зерен у колосі є ключовими для візуальної оцінки генотипів за продуктивністю.

Шляховий аналіз продуктивності. У результаті визначення за 2021, 2022 і 2023 рр. коефіцієнтів кореляції продуктивності з кожною з дев’яти ознак, а також шляхових коефіцієнтів кожної ознаки одержано розклад коефіцієнтівкореляції між продуктивністю та кожною з дев’яти кількісних ознак на прямий ефект та побічні (непрямі, опосередковані) ефекти інших восьми ознак

досліджених 22 сортів і трьох ліній ячменю ярого.

У першому варіанті шляхового аналізу продуктивності використано сім кількісних ознак (продуктивну кущистість, кількість зерен з основного колоса, масу 1000 зерен, висоту рослини, довжину колоса), а також тривалість вегетації та стійкість до вилягання.

Результати розкладу кореляції зведено в матриці шляхових коефіцієнтів дії кожної із семи ознак на продуктивність і побічних ефектів інших шести ознак, які складають причинно-наслідкову систему (табл. 3.19). Структура матриці відповідає системі з семи рівнянь з сімома прямими ефектами, помноженими на коефіцієнт кореляції відповідних семи ознак.

Шляховим аналізом продуктивності встановлено різний рівень прямих ефектів внеску кожної з семи ознак в продуктивність (по центральній діагоналі табл. 3.19), побічних ефектів інших шести ознак у зв'язках кожної з семи ознак з продуктивністю (по горизонталі кожної із семи ознак), побічних ефектів кожної із семи ознак у зв'язках продуктивності з іншими шістьома ознаками (по вертикалі кожної із семи ознак), значення і напрям якого залежали від умов середовища.

Так, установлено, що високі середні в 2021–2022 рр. коефіцієнтикореляції продуктивності з продуктивною кущистістю (r = 0,789 і 0,458 відповідно) визначалися прямим позитивним ефектом (0,662 і 0,562). До того ж,у 2021 р. цей ефект посилювався побічним ефектом висоти рослини, кількості зерен у основному колосі та стійкості до вилягання (0,043, 0,056 і 0,037 відповідно). У 2022 р., навпаки, прямий позитивний ефект послабився негативним побічним ефектом кількості зерен в основному колосі (-0,160) та посилився позитивним ефектом довжини колоса (0,039). У 2023 р. прямий ефект продуктивної кущистості був значним, але по шляху він послабився побічними ефектами висоти рослини (-0,066), довжини колоса (-0,0147) і кількості зерен основного колоса (-0,091), тому в підсумку кореляція з продуктивністю була неістотною в умовах 2023 р. (див. табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Шляховий аналіз продуктивності рослини ячменю ярого з сімома ознаками (перший варіант)

Ознака	Рік	Висота рослин	Продуктивна кущистість	Довжина колоса	Кількість зерен з	Маса 1000 зерен	Вегетаційний період	Стійкість до вилягання	Продуктив-ність
Висота рослин	2021	**0,099**	0,289	-0,005	0,089	0,000	0,009	-0,014	**0,468***
	2022	**-0,030**	-0,001	0,007	0,000	0,000	0,002	-0,004	**0,060**
	2023	**0,006**	0,001	-0,003	-0,001	-0,001	-0,001	0,003	**0,140**
Продуктив-на кущистість	2021	0,043	**0,662**	-0,004	0,056	0,000	-0,006	0,037	**0,789***
	2022	0,009	**0,562**	0,039	-0,160	0,011	-0,003	0,000	**0,458***
	2023	-0,066	**0,573**	-0,047	-0,091	0,009	0,000	0,012	**0,389**
Довжина колоса	2021	0,067	0,425	**-0,007**	0,013	0,000	-0,030	0,011	**0,480***
	2022	-0,066	0,109	**0,200**	-0,105	-0,036	0,012	0,001	**0,115**
Кількість зерен з	2023	-0,049	0,212	**-0,126**	-0,010	-0,034	-0,025	0,002	**-0,027**
колоса	2021	0,023	0,099	0,000	**0,375**	0,000	0,025	0,037	**0,560***
	2022	-0,003	-0,114	-0,027	**0,789**	-0,064	-0,021	0,004	**0,564***
Маса 1000 зерен	2023	-0,036	-0,170	0,004	**0,305**	-0,020	0,027	-0,008	**0,095**
	2021	0,007	-0,149	0,001	-0,023	**-0,002**	0,074	-0,043	**-0,135**
Вегетацій-ний період	2022	-0,040	0,023	-0,027	-0,186	**0,272**	-0,030	-0,012	**0,000**
	2023	-0,103	0,013	0,011	-0,016	**0,394**	0,034	-0,034	**0,303**
Стійкість проти вилягання	2021	-0,005	0,024	-0,001	-0,058	0,001	**-0,162**	0,069	**-0,133**
	2022	0,020	-0,015	0,023	-0,160	-0,079	**0,104**	0,010	**-0,097**
	2023	0,156	0,000	-0,026	-0,070	-0,114	**-0,117**	0,001	**-0,169**
	2021	-0,007	0,135	0,000	0,078	0,000	-0,062	**0,181**	**0,325**
	2022	0,039	-0,004	0,005	0,107	-0,096	0,032	**0,033**	**0,115**
	2023	0,053	-0,091	0,004	0,031	0,179	0,002	**-0,074**	**0,105**

Примітка. * – достовірно при p = 0,05.

Аналогічною була кореляція продуктивності з кількістю зерен з основного колоса – істотною в 2021 та 2022 рр. (r = 0,560 і 0,564 відповідно) і неістотною (r = 0,095) в 2023 р. У 2021 р. прямий ефект кількості зерен посилювався позитивним побічним ефектом продуктивної кущистості (0,099), в2022 та 2023 рр., навпаки, прямий ефект кількості зерен послаблювався побічним ефектом продуктивної кущистості (-0,114 і -0,170 відповідно).

Кореляція продуктивності з висотою рослини була в 2021 р. істотною (r = 0,468) та неістотною в 2022 і 2023 рр. (r = 0,060 і 0,140 відповідно). Прямий вплив висоти рослин був слабким, але в 2021 р. він посилюється позитивним побічним ефектом продуктивної кущистості (0,289) та кількості зерен з основного колоса (0,089) (див. табл. 3.11).

Довжина колоса істотно корелювала з продуктивністю лише в 2021 р. (r = 0,480). Прямий ефект довжини колоса при цьому був незначним, але в 2021 р. він посилювався побічним ефектом продуктивної кущистості (0,425) висоти рослин (0,067) та кількості зерен з основного колоса (0,013).

Доречно відмітити, що побічний ефект продуктивної кущистостіпосилював вплив довжини колоса на продуктивність в усі три роки. На шляху маса 1000 зерен → продуктивність відмічено стійкий негативний опосередкований вплив кількості зерен з основного колоса, який послаблює прямий ефект маси 1000 зерен.

Істотної кореляції продуктивності з тривалістю вегетації та стійкістю до вилягання не було встановлено, при цьому прямі ефекти названих ознак теж не були значними (див. табл. 3.11).

Таким чином, в умовах 2021 і 2022 рр. установлено істотну кореляцію продуктивності з ознаками продуктивна кущистість та кількість зерен з основного колоса, яка підтверджується їх значними прямими ефектами за шляховим аналізом. До того ж, продуктивна кущистість позитивно впливає на рівень продуктивності опосередковано через довжину колоса.

До другого варіанту шляхового аналізу продуктивності залучено додаткові ознаки – маса зерна з основного колоса та маса зерна з підгону (табл. 3.12). Результати розкладу кореляції продуктивності з дев'ятьма ознаками зведено в матрицю шляхових коефіцієнтів.

Позитивний прямий ефект на продуктивність за три роки досліджень

(2021–2023) був у маси зерна з основного колоса (0,393, 0,515 і 0,308 відповідно за роками). Цей шлях посилювався побічним ефектом маси зерна з підгону (0,242, 0,199 і 0,246), що виразилося в істотній позитивній кореляції продуктивності з масою зерна з колоса (r=0,609, 0,708 і 0,572). Побічний позитивний ефект маси зерна з колоса також посилювався опосередковано через треті ознаки: кількість зерен у колосі (0,304, 0,438 і 0,151), маса зерна з підгону (0,113, 0,143 і 0,099), стійкість до вилягання (0,147, 0,043 і 0,107).

Таблиця 3.12 – Шляховий аналіз продуктивності рослин ячменю ярого за використання 10 ознак у другому варіанті

Ознака	Рік	Висота рослин	Продуктивна кущистість	Довжина колоса	Кількість зерен з колоса	Маса зерна з колоса	Маса 1000	Вегетаційний період	Стійкість до вилягання	Продуктивність
Висота рослин	2021	**0,011**	0,002	-0,018	-0,004	0,116	0,362	-0,001	-0,001	0,001	**0,468***
	2022	**-0,003**	-0,001	0,007	0,000	0,015	0,041	0,000	0,002	-0,004	**0,060**
	2023	**0,006**	0,001	-0,003	-0,001	0,025	0,114	-0,001	-0,001	0,003	**0,140**
Продуктив-на кущис-тість	2021	0,005	**0,005**	-0,017	-0,002	0,121	0,682	0,002	0,000	-0,004	**0,789***
	2022	0,000	**0,008**	0,002	0,002	-0,100	0,548	0,000	0,000	0,000	**0,458***
	2023	0,002	**0,003**	-0,006	0,002	-0,035	0,416	0,000	0,000	0,002	**0,389**
Довжина колоса	2021	0,007	0,003	**-0,026**	-0,001	0,134	0,358	0,001	0,002	-0,001	**0,480***
	2022	-0,002	0,002	**0,012**	0,001	-0,056	0,168	0,000	-0,001	0,000	**0,115**
	2023	0,001	0,001	**-0,015**	0,000	0,068	-0,090	0,000	0,000	0,000	**-0,027**
Кількість зерен з колоса	2021	0,003	0,001	-0,001	**-0,016**	0,304	0,278	0,001	-0,002	-0,004	**0,560***
	2022	0,000	-0,002	-0,002	**-0,008**	0,438	0,129	0,000	0,003	0,001	**0,564***
	2023	0,001	-0,001	0,001	**-0,007**	0,151	-0,046	0,000	0,000	-0,001	**0,095**
Маса зерна з колоса	2021	0,003	0,002	-0,009	-0,012	**0,393**	0,242	-0,001	-0,001	-0,007	**0,610***
	2022	0,000	-0,002	-0,001	-0,007	**0,515**	0,199	0,000	0,003	0,001	**0,710***
	2023	0,000	0,000	-0,003	-0,003	**0,308**	0,276	-0,001	0,000	-0,005	**0,570***
Маса зерна з підгону	2021	0,005	0,004	-0,011	-0,005	0,113	**0,837**	0,002	-0,001	-0,004	**0,940***
	2022	0,000	0,006	0,003	-0,001	0,143	**0,718**	0,000	0,000	0,001	**0,870***
	2023	0,001	0,001	0,002	0,000	0,099	**0,858**	-0,001	0,000	0,000	**0,960***
Маса 1000 зерен	2021	0,001	-0,001	0,002	0,001	0,026	-0,161	**-0,011**	-0,005	0,004	**-0,135**
	2022	-0,001	0,000	-0,002	0,002	-0,018	0,018	**-0,001**	0,004	-0,004	**0,000**
	2023	0,002	0,000	0,001	0,000	0,109	0,198	**-0,003**	0,000	-0,006	**0,303**
Вегетацій-ний період	2021	-0,001	0,000	-0,005	0,002	-0,052	-0,085	0,005	**0,010**	-0,007	**-0,133**
	2022	0,001	0,000	0,001	0,002	-0,110	0,012	0,000	**-0,013**	0,003	**-0,097**
	2023	-0,004	0,000	-0,003	0,002	-0,012	-0,156	0,001	**0,001**	0,000	**-0,169**
Стійкість до вилягання	2021	-0,001	0,001	-0,002	-0,003	0,147	0,189	0,003	0,004	**-0,019**	**0,325**
	2022	0,001	0,000	0,000	-0,001	0,043	0,072	0,000	-0,004	**0,011**	**0,115**
	2023	-0,001	0,000	0,000	-0,001	0,107	0,005	-0,001	0,000	**-0,013**	**0,105**

Примітки: 1) невраховані фактори (залишки) варіювали від 0,001 до 0,01;
2) * –достовірно при p = 0,05.

Значним в усі три роки був також позитивний прямий ефект на продуктивність маси зерна з підгону (0,837, 0,718 і 0,858). На цьому шляху позитивний вплив мав побічний ефект маси зерна з основного колоса (0,113, 0,143 і 0,099). Це в підсумку виразилося в дуже тісній кореляції продуктивності з масою зерна з підгону (r=0,940, 0,869 і 0,960). Побічний позитивний ефект цієї ознаки посилювався опосередковано через масу зерна з колоса (0,242, 0,199 і 0,246), продуктивну кущистість (0,682, 0,548 і 0,416) та висоту рослини (0,362, 0,041 і 0,114).

Між продуктивністю та продуктивною кущистістю була позитивна кореляція середньої сили, коефіцієнт кореляції достовірний у 2021 і 2022 рр. (r=0,793, 0,460). При цьому прямий ефект продуктивної кущистості був неістотним (0,005, 0,008 і 0,003), але посилювався побічним ефектом маси зерна з підгону (0,682, 0,548 і 0,416). Середній позитивний коефіцієнт кореляції між продуктивністю та кількістю зерен в основному колосі в 2021 і 2022 рр. (r=0,563 і 0,559) був за рахунок побічного ефекту маси зерен з основного колоса(0,304 і 0,438) і маси зерна з підгону (0,278 і 0,129). З довжиною колоса істотну кореляцію продуктивності відмічено лише в 2021 р. (r=0,477), прямий ефект неістотний, але вплив довжини колоса значно посилювався побічними ефектами маси зерна з основного колоса та підгону. В 2021–2023 рр. позитивний коефіцієнт кореляції встановлено між продуктивністю та висотою рослин, але достовірний – лише в 2021 р. (r=0,47) завдяки побічному ефекту маси зерна з підгону (0,362) та маси зерна з основного колоса (0,116). Між продуктивністю та тривалістю вегетаційного періоду, так як і міжпродуктивністю та масою 1000 зерен істотної кореляції не встановлено.

Таким чином, ознаки маса зерна з основного колоса і підгону істотно корелюють з продуктивністю та мають значний прямий ефект на неї.

Дослідженнями різних авторів по ячменю показано важливість визначення кореляції між окремими ознаками та шляхового аналізу основної ознаки, зокрема продуктивності рослини. В них було визначено неоднакові (позитивні або негативні) коефіцієнти кореляції та прямі і побічні ефекти окремих ознак на продуктивність. Вони були різними в залежності від дослідженого вихідного

матеріалу та умов середовища.

Результати наших досліджень з установлення закономірностей парної кореляції між окремими ознаками сортів і ліній ячменю ярого як нового вихідного матеріалу в комбінаційній селекції, а також прямих і побічних опосередкованих ефектів різних ознак рослини на продуктивність мають певні особливості в порівнянні з даними, одержаними іншими дослідниками.

Так, було встановлено позитивну кореляцію продуктивності з продуктивною кущистістю та кількістю зерен з основного колоса, як і в дослідах R. Rahimi-Baladezaie et al. [68], J. Shrimali [179] (але у нього продуктивність позитивно корелює також з висотою рослини, довжиною колосата масою 1000 зерен), M. Gocheva [178] (також і з масою 1000 зерен), а також з масою зерна з основного колоса, як у M. Gocheva [178]. У наших дослідах, окрім цього, продуктивність істотно корелює також і з масою зерна з підгону. Зацими чотирма ознаками (продуктивна кущистість, кількість зерен в основному колосі, маса зерна з основного колоса та з підгону) за позитивною кореляцією без врахування опосередкованого впливу інших ознак можна було б робити добори для виділення продуктивних рослин.

Позитивною за три роки була також кореляція між масою та кількістю зерен з основного колоса (але не з висотою рослини) та довжини колоса з висотою рослини, як у дослідженнях E. Budacli Carpici and N. Celik [158].

Недостовірним був зв'язок маси 1000 зерен та продуктивності з тривалістю вегетації. Але в дослідах E. Budacli Caprici and N. Celik [158] негативною була кореляція між іншими ознаками – між висотою рослини, масою 1000 зерен і довжиною колоса, масою 1000 зерен і довжиною колоса та кількістю зерен у колосі, а за даними J. Shrimali et al. [179] – між масою 1000 зерен і кількістю зерен у колосі.

Як вказували різні автори, для встановлення взаємозалежностей ознак важливо визначити не лише кореляцію між окремим ознаками, а й їх внесок в основну ознаку, зокрема продуктивність, за їх прямими ефектами за врахування побічних ефектів інших ознак. Щодо цього дані різних дослідників є неоднозначними: прямий ефект на продуктивність у дослідах R. Drikvand et al.

[193] був у продуктивної кущистості, в M. Ataei [161] – довжини колоса і кількості колосків у колосі, в T.A. Setotaw et al. [189] – продуктивної кущистості, кількості зерен у колосі, висоти рослини, довжини колоса і вегетаційного періоду. Ці ознаки також позитивно корелювали з продуктивністю, а тому їх було визнано детермінантами для добору.

У наших дослідженнях для шляхового аналізу продуктивності використано різні варіанти набору ознак. У першому варіанті використано лише сім простих кількісних ознак, які можна назвати три структурні елементи продуктивності – продуктивна кущистість, кількість зерен у колосі та маса 1000 зерен, інші ознаки – висота рослин, довжина колоса, тривалість вегетаційного періоду та стійкість до вилягання).

У цьому варіанті встановлено прямі та побічні ефекти різних кількісних ознак на продуктивність, значення й напрям яких залежав від умов середовища. Позитивні прямі ефекти на продуктивність за всі три роки були у продуктивної кущистості (0,662, 0,562 і 0,573) та кількості зерен в основному колосі (0,375, 0,789 і 0,305).

З урахуванням позитивних і негативних побічних ефектів інших шести ознак у підсумку це виразилося в позитивних коефіцієнтах кореляції продуктивності з ознакою продуктивна кущистість, достовірних лише в 2021 і 2022 рр. (r=0,789 і 0,458). Цю ознаку можна використовувати як детермінантну для добору високопродуктивних рослин.

У другому варіанті наших досліджень для шляхового аналізу продуктивності використано крім простих семи ознак (як у першому варіанті) ще й ознаки-складові продуктивності: маса зерна з основного колоса та підгону.Ці дві складові ознаки мали значний як прямий, так і побічний ефект на продуктивність. Це є логічним, так як саме маса зерна з основного колоса та маса зерна з підгону в сумі складають продуктивність. Позитивний побічний ефект був між цими ознаками, окрім цього у маси зерна з основного колоса – з кількістю зерен в основному колосі, маси зерна з підгону – з продуктивною кущистістю, довжиною колоса та кількістю зерен з основного колоса. Це виразилося в позитивній кореляції з продуктивністю. Інші ознаки не мали

значного як прямого, так і побічного ефекту на продуктивність.

Складова ознака маса зерна з підгону мала дуже сильний прямий ефект (0,837, 0,718 і 0,858) на продуктивність рослини і високий рівень кореляції знею (r=0,940, 0,718 і 0,858). Маса зерна з основного колоса мала значний прямий ефект на продуктивність (0,393, 0,515 і 0,308) і середній рівень кореляції з нею (r=0,609, 0,708 і 0,572). Тому в разі визначення маси зерна з підгону або з основного колоса ці дві ознаки можна використати як детермінанти для добору високопродуктивних рослин.

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ, ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ, ГІГІЄНИ ПРАЦІ В ПЕРІОД ВИКОНАННЯ ПОЛЬОВИХ РОБІТ

Селекційна робота сільськогосподарських культур потребує великих витрат праці. На обробіток 1 га посівів витрачається до 240 чол.год. праці. Тому при вирощуванні сільськогосподарських культур необхідно велику увагу приділяти питанням охорони праці.

Найбільш трудомістким та потенційно травмонебезпечним процесом є збирання культури. За статистикою 95% виробничого травматизму посідає період збирання. Основними видами травм у цей період є травми, отримані внаслідок наїзду транспортних засобів на працівників, обмеження кінцівок механізмами, падіння з кузова транспортних засобів та тракторів, захворювання опорно-рухового та дихального апарату у зв'язку з низькими температурами атмосфери, забруднення органів зору землею.

Для недопущення травматизму та нещасних випадків на виробництві необхідно раціонально організувати технологічну ланцюжок, розділити небезпечні процеси та зону знаходження персоналу, забезпечити працівників засобами індивідуального захисту. Типові правила охорони праці наводяться у додатку 5.

Рівень охорони праці АПП мало високий, свідченням чому є виробничий травматизм і професійні захворювання, питому вагу яких поки що досить високий. Тому так важливим є вирішення проблем охорони праці працівників АПД. Важливо звернути увагу на проблему охорони праці молоді, що навчається аграрним спеціальностям. Цілком обґрунтованим є підвищення ролі системи освіти у вирішенні питань збереження та зміцнення здоров'я, які навчаються аграрним спеціальностям, з урахуванням того, що

молодь, що навчається, повинна розглядатися як професійно-виробнича група населення. Тому необхідно розглянути всі фактори, які негативно впливають на організм учнів під час навчально-виробничого процесу, як побутові (зокрема, спосіб життя), так і виробничі.

Для забезпечення безпечних умов праці на робочих місцях для працівників, зайнятих збиранням врожаю картоплі, з боку роботодавця мають бути виконані наступні організаційні заходи з охорони праці:

1. Підготовка обладнання та працівників до збиральної техніки Напередодні проведення масових польових збиральних робіт сільськогосподарська техніка, причіпне та навісне обладнання мають бути підготовлені до збиральних робіт, а саме пройти в установленому законодавством порядку державний технічний огляд в інспекції державного технічного нагляду з отриманням відповідних актів про допуск сільськогосподарської техніки до експлуатації. Та сільськогосподарська техніка та агрегати, які не підлягають реєстрації у держтехнагляді, мають бути оглянуті на предмет справності посадовими особами організації, призначеними відповідальними за справний технічний стан цієї техніки, і лише після цього допущені до експлуатації.

2. Персонал, який працює на автотракторній техніці, насамперед повинен мати відповідну кваліфікацію та документи, що підтверджують право на її керування, а також пройти інструктаж на робочому місці, стажування з питань охорони праці та перевірку знань з питань охорони праці.

Оскільки, як показує практика, при збиранні злакових культур наймач допускає працівників на роботу на іншій сільськогосподарській техніці (наприклад, пересаджує працівника з трактора типу МТЗ на комбайн). З такими працівниками відповідно до вимог законодавства та у зв'язку зі зміною технологічного процесу та марки устаткування, що експлуатується, перед допуском їх до роботи необхідно провести позаплановий інструктаж з охорони праці.

5.2. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ГОСПОДАРСТВІ В ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА

Однією з актуальних проблем людства в третьому тисячолітті є забезпечення населення продовольством. Вирішення цієї проблеми було і залишається найважливішим завданням сільськогосподарського виробництва, яке повинно мати пріоритет серед усіх інших галузей.

Особливістю сільськогосподарського виробництва є його залежність від природного середовища - біогенезу, що є складною системою взаємопов'язаних явищ атмосфери, геологічних, гідролітичних ґрунтових умов, рослинного та тваринного світу.

Природа - самоврядна збалансована екологічна система, у процесі землекористування людина порушує століттями встановлену рівновагу.

У гонитві за збільшенням валових зборів сільськогосподарської продукції при екстенсивних методах ведення землеробства розорано великі території, знищено цілі масиви лісів та природної трав'янистої рослинності, що призвело до порушення закономірностей в обміні речовин у природі, як наслідок, зміни кліматичних, гідролітичних умов, дисбалансу органічних речовин у ґрунті.

Подальша інтенсифікація сільського господарства не забезпечила підвищення продуктивності ріллі, виявилася вкрай витратною, призвела до різкого зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище та викликала такі негативні явища, як ерозія, дефляція, засолення, закислення та переущільнення ґрунтів.

За даними ЮНЕСКО та ФАО загальні втрати продуктивних земель від ерозії та деградації становлять 6.7 млн.га, а втрати родючого шару - 24 млн.т щорічно. Ерозія забирає з полів у 60 разів більше елементів живлення рослин, ніж надходить з добривами. В Україні понад 2/3 площі ріллі схильна до водної та вітрової ерозії. Середньорічний змив ґрунту з зябу становить - 2-7 т/га. Більше 30% орних угідь є кислими. Обсяги вапнування - найбільш

ефективного агрозаходу на кислих ґрунтах різко скоротилися. За останнє десятиліття в 4 рази скоротилася кількість органічних добрив.

Усе це вказує на екологічну незбалансованість вирощування сільськогосподарських культур при застосуванні традиційних систем землеробства, а екологічна та економічна обстановка, що склалася, викликає необхідність перегляду принципових положень у землекористуванні та розробку систем землеробства нового покоління на ландшафтній основі, що забезпечують стійкість агроекосистем. Тому вивчення взаємозв'язків природних екосистем, стійкого функціонування агроланшафтів та антропогенного впливу є актуальною проблемою.

Сучасний розвиток світового сільського господарства пов'язаний з біосферною парадигмою природокористування, що передбачає пріоритет збереження екологічних функцій ґрунтів та ландшафтів (екологізація). Подальший розвиток сучасного агробізнесу можливий за рахунок технологічної модернізації через систему біологізації інтенсифікаційних процесів у сучасному землеробстві – підбір високоадаптивних сортів є одним з основних елементів біологізації та інтенсифікації технології одночасно.

Світове землеробство та агротехнології останніх десятиліть зазнали кількох революційних етапів: вирощування високоінтенсивних сортів, освоєння інтенсивних технологій, генна інженерія, інформаційні технології.

Техногенна інтенсифікація землеробства, заснована на масовому використанні засобів хімізації (добрива та пестициди), дозволила підвищити врожайність агрокультур та дещо стабілізувати родючість ґрунту, проте окупність ресурсів, що вкладаються в агротехнології, енергетична та економічна ефективність виробництва стали суттєво знижуватися. Висока інтенсифікація призвела до екологічних проблем, що викликало протест громадськості та бурхливі дискусії, в яких протиставлялися дві позиції: перша – повна відмова від хімізації; друга - подальша інтенсифікація шляхом створення наукомістких точних технологій із мінімальними екологічними ризиками.

Висновки

1. У 2021–2023 рр. установлено рівень і варіабельність цінних господарських ознак урожайність, тривалість вегетаційного періоду, стійкість до хвороб та вилягання у 25 зразків ячменю ярого різного походження з метою виділення перспективного вихідного матеріалу для комбінаційної селекції.

2. Виділено сорти як селекційно цінні з комплексом господарських ознак: високою врожайністю з низькою варіабельністю (11,06–18,59 %), стійкістю до вилягання (8,3–8,8 балів), дуже високою та високою стійкістю до ураження збудниками кам'яної сажки (7–9 балів) та темно-бурого гельмінтоспоріозу (6–9 балів) – Авгур, Аграрій, Хорс, Троян, Талісман миронівський, Grace, Кречет, Геркулес та серед голозерних Ахіллес і Явір.

3. У 2021–2023 рр. установлено особливості взаємозв'язків 10 кількісних ознак рослин 22 сортів і трьох ліній ячменю ярого за коефіцієнтами кореляції та причинно-наслідкові залежності в системі взаємопов'язаних ознак в результаті шляхового аналізу продуктивності рослин при використанні різних ознак (простих і складових продуктивності). За парними коефіцієнтами кореляції встановлено позитивну кореляцію продуктивності з продуктивною кущистістю, кількістю зерен з основного колоса, масою зерна з основного колоса і підгону. Виявлено позитивну кореляцію трьох ознак: продуктивності, продуктивної кущистості та маси зерна з підгону.

4. При встановленні взаємозв'язків між ознаками виділено два кореляційні кластери:

– продуктивність + кількість колосків у колосі + кількість зерен у колосі + маса зерна з основного колоса. До нього входить малий кластер продуктивність + кількість зерен у колосі + маса зерна з основного колоса;

– продуктивність + продуктивна кущистість + висота рослини.

5. Шляховим аналізом продуктивності у варіанті з використанням усіх кількісних ознак без складових продуктивності встановлено позитивну кореляцію та позитивний прямий ефект на продуктивність продуктивної кущистості, яка може бути детермінантою добору високопродуктивних рослин.

6. У варіанті з використанням в шляховому аналізі продуктивності також і ознак-складових (маси зерна з основного колоса та з підгону) встановлено, що лише ці дві ознаки-складові мали значний прямий і побічний у взаємодії з іншими ознаками ефект на продуктивність рослини, а також середній та високий рівень кореляції. Тому в разі визначення маси зерна з основного колоса або з підгону ці дві ознаки окремо також можна використати як детермінанти добору високопродуктивних рослин.

Ураховуючи варіабельність, кореляцію та результати шляхового аналізу продуктивності, встановлено, що ключовими ознаками для добору на високу продуктивність є продуктивна кущистість, кількість та маса зерен зосновного колоса. Так як кількість колосків і зерен з основного колоса дуже тісно пов’язані між собою, то ознаку кількість колосків в основному колосі також можна використовувати для доборів на продуктивність.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для сільськогосподарського виробництва рекомендовано використовувати:

1. Високоврожайні сорти Хорс та Grace, які слабко реагують на зміну умов вирощування, рекомендовано для різних гідротермічних умов та різного рівня матеріального забезпечення. Сорти Авгур та Аміл із сильною реакцією рекомендовано для оптимальних гідротермічних умов та високого агрофону.

2. Сорти Авгур, Аграрій, Хорс, Троян, Талісман миронівський, Grace, Кречет, Геркулес, Ахіллес і Явір з дуже високою та високою стійкістю до ураження збудниками кам’яної сажки та темно-бурого гельмінтоспоріозу рекомендовано для органічного землеробства.

Список використаних джерел

1. Badr A., Miiller K., Schafer-Pregl R., El-Rabey H., Effgen S., Ibrahim N.N., Pozzi C., Rohde W., Salamini F. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Mol. Biol. Evol.* 2000. No 17(4). P. 499–510.
2. Clark H.H. The origin and early history of the cultivated barleys. Agricult. History Review. Part I. 1967. P. 15.
3. Кононюк В.А., Борисонік З.Б., Мусатов А.Г. Ячмінь. Київ: Урожай, 1986. 144 с.
4. Evans L.T., Dunstone R.L. Some physiological aspects of evolution wheat. *Austr. J. Biol. Sci.* 1970. No 23(4). P. 725–741.
5. Friedt W., Poulsen D., Horsley R.D., Lance R.C.M., Harvey B.L., CecarelliS., Grando S., Capettini F. Barley breeding history, progress, objectivies, and technology. In: S.E. Ullrich, ed. Barley: Production, improvement, and uses. Wiley Blackwell, Ames, Iowa, 2011. P. 160–220.
6. Манзюк В.Т. Козаченко М.Р., Васько Н.І. Напрями і результати досліджень з селекції ярого ячменю. Селекція польових культур. Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва, 2008. С. 151–192.
7. Манзюк В.Т. Козаченко М.Р., Васько Н.І. Напрями і результати досліджень з селекції ярого ячменю. Селекція польових культур: Збірник наукових праць. Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва, 2008. С. 151–192.
8. Гудзенко В.М., Васильківський В.П. Нові джерела господарсько цінних ознак ячменю ярого. *Агробіологія*. 2010. Вип. 4(80). 111 с.
9. Гудзенко В.М. Комбінаційна здатність нових зразків ячменю ярого різного еколого-географічного походження за кількісними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2012. № 8(30). С.1–13.
10. Козаченко М Р. Мутагенез в селекції ячменю ярого. Індукований мутагенез в селекції рослин: Біла Церква: Білоцерківський НАУ, 2012. С. 188–193.

11. Козаченко М.Р., Васько Н.І., Наумов О.Г. Методи гібридизації та мутагенезу в селекції ячменю ярого. Селекційно-генетичні дослідження ячменюярого. Харків: ІР ім. В Я. Юр'єва,2012.С.401–421.
12. Лінчевський А.А. 92 роки селекції ячменю. *Зб. наук. праць СГІ-НЦНС УААН*. 2008. Вип. 12 (52). С. 24–49.
13. Козаченко М.Р., Васько Н.І., Весна С.В., Заїка О.В., Наумов О.Г.Створення сортів ярого ячменю зернового напрямку використання. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 61–66.
14. Чайка В.Г., Гаврилюк М.М. Підвищення ролі сорту та рівнянасінництва в агропромисловому комплексі України. Київ: Аграрна наука, 1999.С. 202–208.
15. Giancarla V., Madosa E., Ciulca S., Ciulca A., Petolescu C., Bitea N. Assessment of drought tolerance in some barley genotypes cultivated in West part of Romania. *J. of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2010. No 14(3). P. 114– 118.
16. Palmer T.P. Population and selection studies in Triticum cross. *Heredity*. 1952;171–175
17. Weibel D.E. Inheritance of quantitative characters in wheat. *Iowa St. Coll. J. Sci.* 1956. No 30. P. 450–451.
18. Rahimi-Baladezaie A., Nemati N.A., Mobasser H.R., Chanbari-Malidarreh A., Dastan S. Effects of showing dates and CCC application yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in the North of Iran. American-*Australian J. Agric. S. Environ. Sci.* 2011. V. 11. No 2. P. 49–54.
19. Бердін С.І., Ткаченко О.М. Формування структури продуктивностіпосівів ячменю ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Випуск 11(26). С. 52– 155.
20. Гирка А.Д., Кулик І.О., Педаш О.О., Вінюков О.О., Іщенко В.А. Агроекологічне випробування сортів ярих зернових культур у Північному Степу України. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького*.

2015. № 6(3). С. 54–60.

21. Козаченко М.Р., Заїка О.В. Сорти і лінії ярого ячменю з цінними селекційними показниками. *Селекція і насінництво*. 2005. Вип. 91. С. 11–19.
22. Козаченко М.Р., Солонечний П.М., Васько Н.І. Морфо-біологічні особливості ознак різновиднісних форм ярого ячменю та їх успадкування в F_1. *Селекція і насінництво*. 2009. Вип. 97. С. 3–12.
23. Statkevicuite G., Leistrumaite A. Modern varieties of spring barley as a genetic resourse for disease resistance breeding. *Agronomy Research*2010. No 8(Special Issue III). P. 721–728.
24. Васько Н.І., Важеніна О.Є., Козаченко М.Р., Наумов О.Г., Солонечний П.М., Шевченко Г.С. Здатність вихідного матеріалу до створення перспективнихліній і сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 104. С. 5–13.
25. Козаченко М.Р., Васько Н.І., Наумов О.Г., Солонечний П.М., Важеніна О.Є., Солонечна О.В., Зимогляд О.В., Шевченко Г.С. Сорти ячменю ярого для сучасного сільськогосподарського виробництва. *Вісник Центру науковогозабезпечення АПВ Харківської області.* 2014. Вип. 17. С. 97–101.
26. Shrimali J., Shekhawat A.S., Kumari S. Genetic variation and heritability studies for yield and yield components in barley genotypes under normal and limited moisture conditions. *J. of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017. № 6(4). P. 233–235.
27. Tamm Ü. The variation of agronomic characteristics of European malting barley varieties. *Agronomy Research*. 2003. № 1. P. 99–103.
28. Porumb J., Rusu F., Tritean N. The variation and heritability of some morpho-productive traits of spring barley (Turda 2016). *Research J. of Agricultural Science.* 2016. № 48. Issue 4. P. 132–138.
29. Kole P.C. Variability, correlation and regression analysis in third somaclonal generation of barley. *Barley Genetics Newsletter*. 2006. № 36. P. 44–47.
30. Jalata Z., Ayana A., Zeleke H. Variability, heritability and genetic advance for

some yield and yield related traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces and crosses. *Int. J. of Plant Breeding and Genetics*. 2011. № 5. Issue 1. P. 44–52. DOI: 10.3923/ijpbg.2011.44.52.

31. Козаченко М.Р., Солонечний П.М. Селекційно-генетичні особливості та ефективність розширення генетичного різноманіття і створення нових різновиднісних форм ячменю ярого. В кн.: Селекційно-генетичні дослідження ячменю ярого. За ред. М.Р. Козаченка. Харків, 2012. С. 139–237.
32. Козаченко М.Р., Заїка О.В., Васько Н.І. Селекційно-генетичні особливості ознак у F_1 та F_2 діалельних гібридів ярого ячменю. *Таврійський науковий вісник*. 2008. Вип. 57. С. 8–13.
33. Milomirka R.M., Dragan S.D., Desimir S.K., Aleksandar S.P., Snezana T.T. Combining abilities for spike traits in a diallel cross of barley. *Journal of Central European Agriculture*. 2014;15(1):108–116. DOI: 10.5513/JCEA01/ 15.1.1419.
34. Potla K.R., Bornare S.S., Prasad L.C., Prasad R., Madakemohekar A.H. Study of heterosis and combining ability for yield and yield contributing traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of life sciences*. 2013. No 8(4). P. 1231–1235.
35. Селекційно-генетичні дослідження ячменю ярого: наукове виданняза ред. М.Р. Козаченка. НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2012. 448 с.
36. Singh S., Dhindsa G. S., Sharma A., Singh P. Combining ability for grain yield and its components in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Crop improvement*. 2007. No 34. P. 128–132.
37. Karamanos A.J., Papatheohari A.Y. Assessment of drought resistance of crop genotypes by means of the water potential index. *Crop Sci*. 1999. № 39. P. 1792.
38. Козаченко М.Р., Важеніна О.Є., Васько Н.І., Наумов О.Г., Рогуліна Л.В. Урожайність і вміст білка в зерні сортів ярого ячменю та кореляційні зв'язки між ними в залежності від років вирощування та попередників. *Селекціяі насінництво*. 2004. Вип. 89. С. 14–28.

39. Дорошенко В.А., Панченко В.Ф., Власенко С.І. Погодні умови вегетаційного періоду і врожайність ячменю. *Агроном*. 2006. № 4. С. 115–117.
40. Hakala K., Jauhiainen L., Himanen S. et al. Climate Change agriculture paper. Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. *Journal of Agriculture Science*. 2012. № 150. P. 145–160. DOI: 10.1017/S0021859611000694.
41. Madić M., Paunović A., Đurović D., Knezevic D. The analysis of gene effect in the inheritance of kernel number per spike in barley hybrid. *Genetika*. 2005. 37(3). DOI: 10.2298/GENSR0503261M.
42. Васильківський С.П., Гудзенко В.М. Діалельний аналіз генетичного контролю довжини колоса сучасних сортів ячменю ярого. *Зб. наук. праць Уманського НУС*. 2017. Вип. 91(1). С. 54–64.
43. Васильківський С.П., Демидов О.А., Гудзенко В.М., Поліщук Т. Генетичний контроль маси 1000 зерен у сучасних сортів ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2017. Вип. 10. С. 37–43.
44. Козаченко М.Р. Важеніна О.Є., Васько Н.І., Наумов О.Г. Адаптивність сортів та урожайність створених на їх основі ліній ячменю ярого. *Таврійський науковий вісник*. 2013. Вип. 86. С. 42–49.
45. Солонечний П.М., Козаченко М.Р., Васько Н.І., Наумов О.Г., Дмитренко П.П., Коваленко О.Л. Стабільність елементів продуктивності сортів ячменю ярого в екологічному сортовипробуванні. *Селекція і насінництво*. 2014.Вип. 105. С. 194–203.
46. Гудзенко В.М. Урожайність та стабільність Миронівських сортівячменю озимого. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 55–77. DOI: 10.30835/2413-7510.2018.134358.
47. Mortazavian S.M.M., Nikkhah H.R., Hassani F.A., Sharif-al-Hosseini M.,Taheri M., Mahlooji M. GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. *J. Agr. Sci. Tech*. 2014. № 16. P. 609–622.
48. Nazari L., Pakniyat H. Assessment of drought tolerance in barley genotypes. *J.*

of Applied Science. 2010. № 10(2). P. 151–156. DOI: 10.3923/jas.2010.151.156.

49. Sarkar B., Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian J. Genet*. 2014. № 74(1). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
50. Козаченко М.Р., Наумов О.Г. Селекційно-генетичні особливості створення форм ячменю ярого з високим вмістом амілопектину в крохмалі. В кн. Генетичні закономірності селекції ячменю ярого. За ред. М.Р. Козаченка. Харків, 2016. С. 185–299.
51. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України, УІЕСР, 2016. 81 с.
52. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorgum. *Iowa State Journal*. 1965. No 39. P. 3.