

UDC 631.527:631.529:635.621.3

IMPORTANT CORRELATION INTERDEPENDENCES BETWEEN THE COMPLEX ECONOMIC AND VALUABLE CHARACTERISTICS OF F₁ COURGETTE HYBRIDS IN THE ASPECT OF THEIR ADAPTIVE POTENTIAL**Kondratenko S.I.**

Institute of Vegetable and Melons growing of National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine

Instytutska str., 1, vill. Seleksiine, Kharkiv region, Ukraine, 62478

E-mail: shirlitsmail@gmail.com**Lancaster Yu.M.**

Plant breeder, Tozer Seeds Ltd. Pyports, Downside Bridge Road, Cobham, Surrey KT11 3EH, United Kingdom

E-mail: yuliya.lancaster@tozerseeds.com<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-6-15>

The aim of the research. Determine the degree of correlation between the quantitative characteristics of F₁ courgette hybrids valuable for ecological breeding: the values of the hydrothermal coefficient (HTC) by years of research and the characteristics of F₁ hybrids, which are structural components of yield; “Zucchini yellow mosaic virus” (ZYMV) and similar indicators related to powdery mildew, bacteriosis and other viral infections affecting zucchini F₁ hybrids in the field. **Methods.** Field, laboratory, computational and statistical. **Results.** Breeding work was performed with 18 hybrids F₁ courgette of foreign origin. A correlation analysis was performed between the response of hybrid samples to ZYMV virus infection in the laboratory and the manifestation of other diseases that occurred in the field. It was found that the highest level of correlation is observed when comparing the degree of field viral diseases and symptoms of yellow mosaic virus (15 statistically confirmed values of the pairwise correlation coefficient or 80.33%). There were 8 hybrids F₁ courgette hybrids, in which statistically significant correlations were observed for all pairs of traits. Among them, Alfresco F₁, Rimini F₁, Eight Ball F₁, Firenze F₁, Tuscany F₁, Parador F₁, Gold Rush F₁, Cronos F₁ ($-0.50 < r_p < 0.95$). Three hybrids, Mikinos F₁, Jaguar F₁ and Best of British F₁, showed low dependence on hydrothermal growing conditions. The first two hybrids did not have a linear correlation with HTC ($r_p < 0.1$) in terms of 3 quantitative characteristics: "Total yield", "Commodity yield" and "Total productivity of one plant". The Best of British F₁ hybrid showed weak correlations ($0.1 < r_p < 0.3$) between HTC and three traits: "Total yield", "Total productivity per plant" and "Average marketable fruit weight". Other F₁ hybrids were highly dependent on hydrothermal growing conditions, as most of the quantitative traits that were structural components of yield showed moderate, strong, or very strong correlations with p HTC ($0.5 < r_p < 0.99$). **Conclusions.** The analysis of correlations revealed a rather complex genetic organization of quantitative traits and their interaction with biotic and abiotic environmental factors. The obtained data will significantly facilitate further work on the prediction of adaptive potential for the analyzed set of quantitative traits in intermediate forms of courgette, created on the basis of studied hybrid genotypes that showed a stable phenotypic response to the applied growing conditions.

Key words: courgette, hybrid F₁, hydrothermal coefficient, degree of disease development, quantitative features, linear correlation.

ВАЖЛИВІ КОРЕЛЯЦІЙНІ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ КОМПЛЕКСОМ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК ГІБРИДІВ F₁ КАБАЧКА В АСПЕКТІ ЇХ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ**Кондратенко С.І.**

Інститут овочівництва і баштанництва НААН,

вул. Інститутська 1, сел. Селекційне, Харківська обл., Україна, 62478

E-mail: shirlitsmail@gmail.com**Ланкастер Ю.М.**

Селекціонер рослин, селекційно-насіннева компанія “Tozer seeds”, Pyports, Downside Bridge Road, Cobham, Surrey KT11 3EH, Великобританія.

E-mail: yuliya.lancaster@tozerseeds.com

Мета. Визначити ступінь кореляційних зв'язків між цінними для проведення екологічної селекції кількісними ознаками гібридів F_1 кабачка: величинами гідротермічного коефіцієнту (ГТК) за роками досліджень та ознаками гібридів F_1 , що є структурними компонентами урожайності; показником “Ступінь розвитку хвороби”, який належить до вірусу жовтої мозаїки кабачка (ZYMV) та аналогічними показниками, які належать до ступеня розвитку борошнистої роси, бактеріозу та інших вірусних інфекцій, якими уражувалися гібриди F_1 кабачка у польових умовах. **Методи.** Польові, лабораторні, аналітично-вимірювальні. **Результати.** Селекційну роботу проводили з 18 гібридами F_1 кабачка іноземного походження. Проведено кореляційний аналіз між реакцією гібридних зразків на ураження вірусом ZYMV у лабораторних умовах та проявом інших хвороб, які зустрічалися у польових умовах. Встановлено, що найвищий рівень кореляційного зв'язку простежується у випадку порівняння ступеня розвитку польових вірусних хвороб та симптомів ураження вірусом жовтої мозаїки (15 статистично підтверджених значень коефіцієнта парної кореляції або 80,33 %). Виділися 8 гібридів F_1 кабачка, у яких за всіма парами ознак відмічені статистично достовірні кореляційні зв'язки. Серед них, *Alfresco F₁*, *Rimini F₁*, *Eight Ball F₁*, *Finzenze F₁*, *Tuscany F₁*, *Parador F₁*, *Gold Rush F₁*, *Cronos F₁* ($-0,50 < r_p < 0,95$). Низьку залежність від гідротермічних умов вирощування продемонстрували три гібриди – *Mikinos F₁*, *Jaguar F₁* і *Best of British F₁*. Перші два гібриди по суті не мали лінійного кореляційного зв'язку з ГТК ($r_p < 0,1$) за проявом 3 кількісних ознак: “Загальна урожайність”, “Товарна урожайність” та “Загальна продуктивність однієї рослини”. У гібрида *Best of British F₁* спостерігалися слабкі кореляційні зв'язки ($0,1 < r_p < 0,3$) між ГТК та трьома ознаками “Загальна урожайність”, “Загальна продуктивність однієї рослини” та “Середня маса товарного плоду”. Інші гібриди F_1 мали високу залежність від гідротермічних умов вирощування, оскільки за проявом більшості кількісних ознак, що є структурними компонентами урожайності відзначилися помірними, сильними або дуже сильними кореляційними зв'язками з ГТК ($0,5 < r_p < 0,99$). **Висновки.** Проведений аналіз кореляційних зв'язків виявив досить складну генетичну організацію кількісних ознак та їх взаємодію з біотичними й абіотичними факторами навколишнього середовища. Одержані дані дозволять у подальшій селекційній роботі значно полегшити роботу з прогнозу адаптивного потенціалу за проаналізованим комплексом кількісних ознак у проміжних форм кабачка, створених на основі вивчених гібридних генотипів, які виявили стабільну фенотипову реакцію на застосовані умови вирощування.

Key words: кабачок, гібрид F_1 , гідротермічний коефіцієнт, ступінь розвитку хвороби, кількісні ознаки, лінійний кореляційний зв'язок.

Вступ. Основною перевагою кабачка, як гарбузової овочевої рослини є скоростиглість, висока врожайність та холодостійкість. Серед усіх сортотипів даної овочевої рослини особливою популярністю на ринку користуються кабачки-цукіні (*Teresa A. L. & Harry S.*, 2016; *Coolong, T.*, 2017). Цей сортотип вирізняється довгастою формою плода з жовтим, зеленим або темно-зеленим забарвленням шкірки. Відмінністю хімічного складу плодів є високий вміст вітаміну С на рівні 12–40 мг/100 г, сухої речовини на рівні 4–12 % та цукрів на рівні 2,0–3,1 %. Кабачок є поживним продуктом мінімальної калорійності, але максимальної біологічної цінності. В їжу використовують плоди у технічній стиглості довжиною 25–30 см і товщиною 8–10 см (*Lee S. et al.*, 2017; *Sergienko O.V.*, 2020).

В Україні кабачок вирощують щорічно на площі 24–28 тис. га, з них 60–65 % площі розміщено у Степу і південній частині Лісостепу. Валовий збір плодів складає 450–500 тис. т. При цьому середня урожайність складає лише 17–20 т/га, за умов потенційної урожайності – 60–80

т/га. На зниження урожайності кабачка впливає чимало факторів, але головним є глобальна зміна клімату, яка призвела до зниження адаптивного потенціалу наявних сортів і гібридів F_1 кабачка до біотичних та абіотичних факторів вирощування (*Palamarchuk I.I.*, 2017).

Аналіз останніх досліджень і публікацій з досліджуваної теми. Станом на кінець 2021 року у Державному Реєстрі рослин, придатних для поширення в Україні, знаходиться 46 сортів і 16 гібридів F_1 кабачка (цукіні). На теперішній час у закордонних селекційних центрах переважає не сортова, а гібридна селекція даної овочевої рослини (*Paris H.S.*, & *Cohen R.*, 2002; *Wang Y.-H. et al.*, 2012; *Martinez-Valdivieso D. et al.*, 2015; *Hassan A. A. et al.*, 2016; *Megías Z. et al.*, 2018). Вітчизняна селекція досягла певних успіхів у створенні сортів (Цукеша, Зебра, Аеронавт, Скворушка, Світозар, Аспірант), а також вийшла на рівень створення високопродуктивних гетерозисних гібридів (Престиж F_1 , Атілла F_1 , Кларнет F_1 , Нефрит F_1) (*Sydorka V.O.*, 2015). Дані гібриди вирізняються максимальною віддачею врожаю у

ранні строки, високими смаковими якістьми плодів, але питання створення гібридів кабачка F_1 з високим адаптивним потенціалом до несприятливих факторів вирощування залишається актуальним і потребує розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу, добору високостійких ліній, які планується використовувати у селекційній роботі як батьківські компоненти гібридів F_1 (Sydorka V.O. 2015; Kondratenko S. et al., 2020).

Кількісні ознаки кабачка, що є структурними компонентами урожайності належать до числа мінливих елементів, тому для прогнозування ефективності відбору за певними ознаками без ризику зниження прояву інших ознак селекціонеру важливо мати надійну інформацію про закономірності їх взаємозв'язків. Тобто, внаслідок інтегрованості рослинного організму, вдалий добір за урожайністю можливий лише у тому випадку, якщо її інші структурні компоненти будуть зберігатися на постійному рівні або їх рівень прояву не буде знижуватися нижче певного критичного рівня (Orlyuk A.P. et al., 2008). В теоретичному плані для проведення такого добору досить корисними можуть бути показники успадкування та дослідження кореляційних взаємозалежностей між досліджуваними кількісними ознаками (Rakitsky P.F., 1978; Marmoza A.T., 2019). Для проведення відбору та оцінки селекційного матеріалу кабачка потрібне розуміння закономірностей прояву не тільки одних кількісних ознак залежно від інших, а й від факторів зовнішнього середовища. Знання наявних закономірностей тим глибше, чим більше число їх виявлень відмічається у різних умовах вирощування. Для селекційної практики особливе значення мають вплив абіотичних і біотичних факторів вирощування на прояв таких ознак як загальна і товарна урожайність, продуктивність однієї рослини, середня маса товарного плоду, резистентність до хвороб (Litun P.P. et al., 2007; Grodzinskiy D.M., 2013). Виявлені закономірності дозволять селекціонеру спрогнозувати напрям майбутнього відбору перспективного сорту або гібриду F_1 за непрямими ознаками, проводити підбір пар для схрещування з урахуванням характеру успадкування конкретних ознак та їх мінливості у наступних поколіннях.

Мета дослідження. Визначити ступінь кореляційних зв'язків між цінними для проведення екологічної селекції кількісними ознаками гібридних зразків кабачка: величинами гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за роками досліджень та ознаками гібридів F_1 кабачка, що є структурни-

ми компонентами урожайності; показником “Ступінь розвитку хвороби”, який належить до вірусу жовтої мозаїки кабачка (ZYMV) та аналогічними показниками, які належать до ступеня розвитку борошнистої роси, бактеріозу та інших вірусних інфекцій, якими уражувалися гібриди F_1 кабачка у польових умовах.

Методика та вихідний матеріал. В роботі було проведено трирічну (2017–2019 рр.) польову оцінку адаптивного потенціалу колекції гібридів першого покоління кабачка іноземного походження за комплексом господарсько-цінних кількісних ознак, яку було надано селекційно-насінницькою компанією “A. L. Tozer Ltd” (Велика Британія) в рамках договору про проведення спільних генетико-селекційних досліджень з Інститутом овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук. Дана колекція складалася з 18 гібридних зразків кабачка походженням з США, Великобританії, Іспанії та Італії. За стандарт було обрано вітчизняний гібрид Атілла F_1 (табл. 1). Науково-дослідна робота проводилась на експериментальній базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН, розташованому у Лівобережному Лісостепу України в центральному середньо зволоженому районі Харківської області. Клімат агрокліматичної зони вирощування помірний, середня кількість опадів за багаторічними даними складає 520 мм. Вегетаційний період для теплолюбних рослин з температурою вище 10°C починається з 25 квітня і закінчується 30 вересня. У відкритому ґрунті досліді розміщувалися в овочевій сівозміні. Ґрунт дослідних ділянок представлений потужним малогумусовим чорноземом важкосуглинистим за механічним складом. Вміст гумусу в орному шарі 4,0–4,5 %, P_2O_5 – 11–15 мг, K_2O – 8–10 мг на 100 г ґрунту, рН 7,0–7,5. Ґрунт характеризується досить високою родючістю.

Детальний опис погодних умов вирощування гібридних зразків кабачка протягом 2017–2019 рр. надано в роботі (Kondratenko S. et al., 2020). В цілому ці умови виявилися несприятливими для росту і розвитку рослин і негативно вплинули на процеси запліднення, формування урожайності й товарності плодів, сприяли поширенню вірусних хвороб, бактеріозу і борошнистої роси. Ті генотипи, які у негативних зовнішніх умовах дали кращий урожай, високу товарність плодів та відзначилися задовільною стійкістю до хвороб мають найбільшу цінність як генетичні джерела для проведення екологічної селекції. Для встановлення імовірного зв'язку між проявом селекційно-цінних кількісних ознак та погодними умовами років досліджень в експери-

ментальній роботі використовувалися розрахунки гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за формулою Г. Т. Селянинова (*Selyaninov G.T.*, 1937). Ступінь відповідності умов за значеннями ГТК визначається як: 0,4...0,7 – дуже посушливі; 0,8...1,0 – посушливі (помірно посушливі); 1,1...1,3 – слабо посушливі (недостатньо зволожені); 1,4...1,6 – оптимальні (достатньо зволожені); понад 1,6 – надмірно зволожені (*Selyaninov G.T.*, 1937). Показник ГТК (гідротермічний коефіцієнт) за роки проведених досліджень на кабачку (травень-серпень місяці) становив у 2017 р. – 0,14, у 2018 р. – 0,54 та у 2019 р. – 0,46. Тобто, усі роки досліджень були посушливими.

Останніми роками серед наявних фітовірусів в Україні найбільшого розповсюдження на гарбузових овочевих видах рослин набув вірус жовтої мозаїки кабачка (ZYMV) (*Rudnieva T.O. et al.*, 2008; *Tsvigun, V.O. et al.*, 2016). Найбільш дієвими заходами протистояння даному вірусу є вчасна діагностика та проведення профілактичних засобів по виділенню рослин-резерваторів інфекції, визначення високоадаптивних джерел стійкості, створення і подальше запровадження у селекційну роботу стійких сортів і гібридів F₁.

Методичні аспекти діагностики стійкості гібридних зразків кабачка на штучне ураження вірусом ZYMV в лабораторних умовах та результати реакції гібридних зразків на дане ураження опубліковано авторами статті в роботі (*Kondratenko S. et al.*, 2021).

Оцінку зразків колекції кабачка за комплексом цінних ознак було проведено за умов їх вирощування у відкритому ґрунті згідно з методичними вказівками (*Gorova N.K. & Yakovenko K.I.*, 2001). При оцінці зразків основну увагу приділяли наступним показникам: загальна урожайність; товарна урожайність; середня маса плоду; загальна продуктивність однієї рослини. Статистичний обробіток експериментального матеріалу було проведено за методиками, викладеними у роботах (*Тkachuk S.O.*, 2017; *Dospikhov B.A.*, 1985). У статистичних обрахунках використовували коефіцієнт кореляції Пірсона (r_p). Кореляційні залежності між обраними кількісними ознаками рослин та ступінь їх статистичної достовірності визначали з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0.

Таблиця 1. – Гібридні зразки кабачка, які були включені до програми досліджень у 2017–2019 рр.

№	Гібрид F ₁	Походження	№ кат.
1	Атілла F ₁ , st	Україна	К-2114
2	Alfresco F ₁	Великобританія	К-2115
3	Best of British F ₁	Великобританія	К-2116
4	Defender F ₁	Великобританія	К-2117
5	Rimini F ₁	Великобританія	К-2118
6	Patriot F ₁	Великобританія	К-2119
7	Eight Ball F ₁	Великобританія	К-2120
8	Midnight F ₁	Великобританія	К-2121
9	Firenze F ₁	Великобританія	К-2122
10	Tuscany F ₁	Великобританія	К-2123
11	Parador F ₁	Великобританія	К-2124
12	Gold Rush F ₁	Великобританія	К-2125
13	Afrodite F ₁	Великобританія	К-2126
14	Celeste F ₁	Італія	К-2127
15	Alexander F ₁	Іспанія	К-2128
16	Mikinos F ₁	США	К-2129
17	Jaguar F ₁	США	К-2130
18	Cronos F ₁	США	К-2131
19	Paychek F ₁	США	К-2132

Результати досліджень. Важливим елементом селекційної роботи є встановлення зв'язку між реакцією рослин відібраних гібридних генотипів як на ураження вірусом ZYMV у лабораторних умовах, так і на ураження шкодочинними мікроорганізмами різної біологічної природи у польових умовах. Отже, для проведення більш комплексної оцінки ступеня стійкості гібридних зразків кабачка до збудників хвороб різної біологічної природи було проведено парний кореляційний аналіз між кількісним показником “ступінь розвитку хвороби”, який відноситься до вірусу ZYMV та аналогічними показниками, які належать до ступеня розвитку борошнистої роси, бактеріозу та інших вірусних інфекцій, які зустрічалися у польових умовах (Kondratenko S. et al., 2021). Дані по кореляційному аналізу зведені у таблицю 2.

Встановлено, що з 54 досліджених пар кореляційних зв'язків 39 або 72,22 % виявилися статистично достовірними. Між парами

кількісних показників “ступінь розвитку хвороби”, які належать до вірусу жовтої мозаїки і збудника хвороби “борошниста роса” статистично достовірними виявилися 10 помірних, сильних та дуже сильних кореляційних зв'язків ($-0,5 < r_p < 0,99$) та ще один випадок засвідчив існування від'ємного функціонального зв'язку між проявом досліджуваних ознак ($r_p = -1,0$) у гібриду Paychek F₁. При цьому спостерігався рівномірний розподіл позитивних і від'ємних кореляційних зв'язків. Позитивні зв'язки мали наступні гібриди першого покоління – Eight Ball F₁, Firenze F₁, Tuscany F₁, Parador F₁ ($r_p = 0,53 \dots 0,95$), від'ємні – Alfresco F₁, Rimini F₁, Gold Rush F₁, Afrodite F₁, Cronos F₁ ($r_p = -1,0 \dots -0,58$). При цьому у гібриду-стандарту за даними лабораторних тестів Patriot F₁ даний кореляційний зв'язок був статистично не достовірний та належав до класу слабких ($r_p = -0,27$).

Таблиця 2. – Кореляційні зв'язки у гібридів F₁ кабачка між ступенем розвитку хвороб у польових умовах та за результатами лабораторного тесту щодо стійкості до вірусу жовтої мозаїки кабачка (середнє за 2017–2019 рр.)

№	Гібрид F ₁	Коефіцієнт кореляції Пірсона (r_p) між парами показників ступеня розвитку досліджених хвороб		
		борошниста роса / вірус жовтої мозаїки	бактеріоз / вірус жовтої мозаїки	польові віруси / вірус жовтої мозаїки
1	Patriot F ₁ , st	-0,27	-0,96	0,24
2	Alfresco F ₁	-0,87	-0,50	1,0
3	Best of British F ₁	-0,35	-0,94	0,92
4	Defender F ₁	-0,09	-1,0	-0,97
5	Rimini F ₁	-0,84	0,55	0,55
6	Eight Ball F ₁	0,76	0,83	-0,93
7	Midnight F ₁	0,11	-0,94	-0,60
8	Firenze F ₁	0,53	-1,0	-1,0
9	Tuscany F ₁	0,82	-0,58	-0,58
10	Parador F ₁	0,70	-0,72	-0,72
11	Gold Rush F ₁	-0,86	-0,50	-0,69
12	Afrodite F ₁	-0,58	0,41	0,81
13	Celeste F ₁	-0,19	-0,37	-0,98
14	Alexander F ₁	0,07	-0,56	1,0
15	Mikinos F ₁	0,08	0,57	-1,0
16	Jaguar F ₁	0,31	-0,21	-0,23
17	Cronos F ₁	0,95	0,87	-0,66
18	Paychek F ₁	-1,0	0,45	0,45

Примітка *. – У таблиці жирним шрифтом виділені статистично достовірні значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r_p) на рівні значущості $p < 0,05$.

Встановлено, що між парами кількісних показників “ступінь розвитку хвороби”, які належать до вірусу жовтої мозаїки й збудника хвороби “бактеріоз” статистично достовірними виявилися 12 помірних, сильних та дуже сильних кореляційних зв’язків ($-0,5 < r_p < 0,99$). Ще два випадки засвідчили існування двох від’ємних функціональних зв’язків між проявом досліджуваних ознак ($r_p = -1,0$) у гібридів Defender F₁ та Firenze F₁.

На відміну від попередньої кореляційної пари, ця мала переважно від’ємні зв’язки, що свідчить про існування переважної певної закономірності (табл. 2). Зокрема, від’ємними кореляційними парами ($-0,96 < r_p < -0,50$) відзначилися гібрид-стандарт Patriot F₁ та ще сім гібридів – Alfresco F₁, Best of British F₁, Midnight F₁, Tuscany F₁, Parador F₁, Gold Rush F₁ та Alexander F₁. Позитивні коефіцієнти парної кореляції ($0,55 < r_p < 0,87$) мали чотири гібриди – Rimini F₁, Eight Ball F₁, Mikinos F₁ та Cronos F₁ (табл. 2).

Вивчення залежності між розвитком хвороб у лабораторних і польових умовах, ініційованих вірусами виявило найбільшу кількість статистично достовірно підтверджених значень коефіцієнтів парної кореляції (15 випадків або 83,33 %). Зареєстровано переважну більшість від’ємних помірних, сильних і дуже сильних кореляційних зв’язків ($-0,98 < r_p < -0,58$). Окрім того, ще два від’ємних функціональних зв’язки ($r_p = -1,0$) належали гібридам Firenze F₁ і Mikinos F₁. Зокрема, до групи гібридів F₁ з від’ємним значенням коефіцієнта парної кореляції належали наступні 8 зразків – Defender F₁, Eight Ball F₁, Midnight F₁, Tuscany F₁, Parador F₁, Gold Rush F₁, Celeste F₁, Cronos F₁. Ще два випадки засвідчили існування двох позитивних функціональних зв’язків між проявом досліджуваних ознак ($r_p = 1,0$) у гібридів Alfresco F₁ та Alexander F₁. Статистично достовірним помірним позитивним кореляційним зв’язком відзначився гібрид Rimini F₁ ($r_p = 0,55$), сильним – гібрид Afrodite F₁ ($r_p = 0,81$), дуже сильним – Best of British F₁ ($r_p = 0,92$).

Отже, аналіз кореляційних зв’язків у гібридних зразків кабачка між ступенем розвитку найпоширеніших хвороб у польових умовах та за результатами лабораторного тесту щодо стійкості до вірусу ZYMV підтвердив можливість відбору перспективних генетичних джерел з комплексною стійкістю до усіх досліджених збудників хвороб. Виділені гібридні зразки, які мали помірні, сильні та дуже сильні позитивні або від’ємні кореляційні зв’язки зі стійкістю до вірусу ZYMV є цінним селекційним матеріалом при створенні

вихідного матеріалу у сортовій і гібридній селекції.

Результати обчислень кореляційного зв’язку між гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) та цінними господарськими ознаками гібридів F₁ кабачка зведено у таблицю 3. Усі коефіцієнти кореляції виявилися позитивними, що свідчить про те, що зростання однієї порівнювальної величини супроводжувалося пропорційним зростанням іншої порівнювальної величини. Встановлено, що з 76 досліджених пар у 58 (76,32 %) коефіцієнти кореляції виявилися статистично достовірними. Серед них, між парою порівнюваних статистичних показників – ГТК та рівень прояву ознаки “загальна урожайність” статистично достовірними виявилися 14 (73,68 %) помірних, сильних та дуже сильних кореляційних зв’язків ($0,5 < r_p < 0,99$), ще 2 випадки засвідчили існування позитивного функціонального зв’язку ($r_p = 1,0$) у гібридів Defender F₁ і Pauchek F₁. При цьому у гібриду-стандарту української селекції Атілла F₁ за даними польових досліджень даний кореляційний зв’язок був статистично достовірний і належав до класу дуже сильних ($r_p = 0,99$). Слабкий або навіть практично відсутній кореляційний зв’язок ($0,01 < r_p < 0,12$) між ГТК та проявом даної ознаки спостерігався у трьох гібридів іноземної селекції – Best of British F₁, Mikinos F₁ і Jaguar F₁ (див. табл. 3).

Між парою порівнювальних статистичних показників – ГТК та рівнями прояву ознаки “Товарна урожайність” статистично достовірними виявилися 16 (84,21 %) середніх, помірних, сильних та дуже сильних кореляційних зв’язків ($0,45 < r_p < 0,99$). Практично відсутній кореляційний зв’язок ($r_p < 0,1$) виявився при порівнянні величин ГТК і рівнем прояву даної ознаки для 2 гібридів – Mikinos F₁ і Jaguar F₁. У гібриду-стандарту Атілла F₁ даний кореляційний зв’язок був статистично достовірний та відносився до класу сильних ($r_p = 0,82$) (див. табл. 3).

Між парою порівнювальних статистичних показників – ГТК та рівнями прояву ознаки “Загальна продуктивність однієї рослини” статистично достовірними виявилися 14 (73,68 %) помірних, сильних та дуже сильних кореляційних зв’язків ($0,5 < r_p < 0,99$) та ще 2 випадки засвідчили існування позитивного функціонального зв’язку між проявом досліджуваних ознак ($r_p = 1,0$) у гібридів Defender F₁ і Pauchek F₁. При цьому у гібриду-стандарту Атілла F₁ даний кореляційний зв’язок був статистично достовірний та належав до класу дуже сильних ($r_p = 0,98$). Слабкий або навіть практично відсутній кореляційний зв’язок ($0,01 <$

$r_p < 0,12$) з ГТК за рівнем прояву даної ознакою продемонстрували 3 гібриди іноземної селекції –

Best of British F₁, Mikinos F₁ і Jaguar F₁ (див. табл. 3).

Таблиця 3. – Коефіцієнт кореляції між рівнем прояву ознак, які визначають урожайність та її компоненти з ГТК (середнє 2017–2019 рр.)

№	Гібрид F ₁	Коефіцієнт кореляції Пірсона (r_p) між ГТК та кількісними ознаками:			
		загальна урожайність	товарна урожайність	загальна продуктивність однієї рослини	середня маса товарного плоду
1	Атілла F ₁ , st.	0,99	0,82	0,98	0,26
2	Alfresco F ₁	0,75	0,45	0,75	0,98
3	Best of British F ₁	0,12	0,51	0,12	0,38
4	Defender F ₁	1,0	0,99	1,0	0,92
5	Rimini F ₁	0,98	0,80	0,98	0,001
6	Patriot F ₁	0,79	0,92	0,80	0,35
7	Eight Ball F ₁	0,89	0,34	0,88	0,98
8	Midnight F ₁	0,99	0,95	0,93	0,05
9	Firenze F ₁	0,99	0,98	0,99	0,88
10	Tuscany F ₁	0,50	0,55	0,50	0,86
11	Parador F ₁	0,93	0,99	0,94	0,85
12	Gold Rush F ₁	0,70	0,48	0,70	0,03
13	Afrodite F ₁	0,98	0,98	0,98	0,66
14	Celeste F ₁	0,95	0,85	0,95	0,80
15	Alexander F ₁	0,89	0,64	0,89	0,74
16	Mikinos F ₁	0,01	0,001	0,01	0,90
17	Jaguar F ₁	0,01	0,03	0,01	0,84
18	Cronos F ₁	0,75	0,40	0,75	0,34
19	Paychek F ₁	1,0	0,77	1,0	0,89

Примітка *. – У таблиці жирним шрифтом виділені статистично достовірні значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r_p) на рівні значущості $p < 0,05$.

Між парою порівнювальних статистичних показників – ГТК та рівнями прояву ознаки “Загальна продуктивність однієї рослини” статистично достовірними виявилися 14 (73,68 %) помірних, сильних та дуже сильних кореляційних зв’язків ($0,5 < r_p < 0,99$) та ще 2 випадки засвідчили існування позитивного функціонального зв’язку між проявом досліджуваних ознак ($r_p = 1,0$) у гібридів Defender F₁ і Paychek F₁. При цьому у гібриду-стандарту Атілла F₁ даний кореляційний зв’язок був статистично достовірний та належав до класу дуже сильних ($r_p = 0,98$). Слабкий або навіть практично відсутній кореляційний зв’язок ($0,01 < r_p < 0,12$) з ГТК за рівнем прояву даної ознакою продемонстрували 3 гібриди іноземної селекції – Best of British F₁, Mikinos F₁ і Jaguar F₁ (див. табл. 3).

Аналіз потенційної залежності між гідротермічними умовами вирощування та проявом ознаки “Середня маса товарного плоду” засвідчив дещо інший розподіл кореляційних зв’язків між нею та ГТК. Виділилася більша група гібридних генотипів, у яких сила кореляційних зв’язків була на рівні середніх чи-то слабких, або навіть такий зв’язок взагалі не простежується ($r_p = 0,001 \dots 0,38$). Слабкими кореляційними зв’язками відзначилися гібрид-стандарт Атілла F₁, Best of British F₁, Patriot F₁ та Cronos F₁ ($r_p = 0,26 \dots 0,38$). Практично відсутні кореляційні зв’язки ($r_p < 0,1$) у таких гібридних зразків як Rimini F₁, Midnight F₁ та Gold Rush F₁. Між парою порівнювальних статистичних показників – ГТК та рівнями прояву ознаки “Середня маса товарного плоду” статистично достовірними виявилися 12 (63,16 %) помірних, сильних та дуже

сильних кореляційних зв'язків ($0,66 < r_p < 0,98$) (див. табл. 3).

Як свідчать одержані дані, високу залежність від ГТК на рівні сильних і дуже сильних кореляційних зв'язків ($0,5 < r_p < 0,99$) за проявом усіх чотирьох досліджених кількісних ознак мали 6 гібридів – Defender F₁, Firenze F₁, Parador F₁, Celeste F₁, Afrodite F₁, Paychek F₁. Високу залежність від погодних умов мав прояв кількісних ознак у гібриду Alexander F₁, у якого спостерігався сильний кореляційний зв'язок між ГТК та такими ознаками як “загальна урожайність”, “загальна продуктивність однієї рослини” та “Середня маса товарного плоду” ($r_p = 0,74 \dots 0,89$), а зв'язок за проявом ознаки “товарна урожайність” був помірним ($r_p = 0,64$). Гібрид Tuscany F₁ наближається до вищевказаної групи, оскільки його реакцією на умови вирощування є присутність помірного кореляційного зв'язку з ГТК за трьома кількісними ознаками “загальна урожайність”, “товарна урожайність” та “загальна продуктивність однієї рослини” ($r_p = 0,50 \dots 0,55$), але кореляційний зв'язок між ГТК та ознакою “Середня маса товарного плоду” була сильною ($r_p = 0,86$). Тобто, саме у цих гібридних зразків спостерігалася висока залежність від кліматичних умов вирощування у формуванні кількісних ознак, що є структурними компонентами урожайності (див. табл. 3).

Слід, також, виділити групу гібридних зразків, які мали помірний, сильний або дуже сильний кореляційний зв'язок ($r_p = 0,48 \dots 0,99$) між ГТК та трьома кількісними ознаками – “Загальна урожайність”, “Товарна урожайність” та “Загальна продуктивність однієї рослини”, але при цьому лінійна кореляція між величинами ГТК та рівнями прояву ознаки “Середня маса товарного плоду” була слабкою, або взагалі відсутньою ($r_p = 0,001 \dots 0,35$). До цієї групи належать наступні зразки – Rimini F₁, Patriot F₁, Midnight F₁, Gold Rush F₁. З даними гібридними генотипами контрастують два інших – Mikinos F₁ і Jaguar F₁, які по суті не мають лінійного кореляційного зв'язку з ГТК ($r_p < 0,1$) за проявом 3 кількісних ознак: “Загальна урожайність”, “Товарна урожайність” та “Загальна продуктивність однієї рослини”, але був сильний зв'язок з ознакою “Середня маса товарного плоду” ($r_p = 0,84 \dots 0,90$). До цієї групи слід віднести, також, гібрид Best of British F₁, у якого спостерігалися слабкі кореляційні зв'язки ($0,1 < r_p < 0,3$) між ГТК та трьома ознаками “Загальна урожайність”, “Загальна продуктивність однієї рослини” та “Середня маса товарного пло-

ду”, але зв'язок з ознакою “Товарна урожайність” був помірним ($r_p = 0,51$) (див. табл. 3).

В цілому, одержані дані свідчать про визначний вплив ГТК на прояв кількісних ознак у гібридів F₁ кабачка. Проведений аналіз кореляційних зв'язків виявив досить складну генетичну організацію кількісних ознак та їх взаємодію із факторами навколишнього середовища. Одержані дані дозволяють у подальшій селекційній роботі значно полегшити роботу з прогнозу адаптивного потенціалу за проаналізованим комплексом кількісних ознак у проміжних форм кабачка, створених на основі вивчених гібридних генотипів, які виявили стабільну фенотипову реакцію на кліматичні умови вирощування.

Висновки. В результати проведеного кореляційного аналізу підтверджено можливість відбору для селекційного процесу гібридів F₁ кабачка з потенційно високою комплексною стійкістю до вірусу жовтої мозаїки та інших хвороб, які проявилися за роки досліджень у польових умовах – борошнистої роси, бактеріозів та вірусів іншої біологічної природи. Виділилися вісім гібридів F₁ кабачка, у яких за всіма парами порівнювальних ознак відмічені статистично достовірні кореляційні зв'язки. Серед них, Alfresco F₁, Rimini F₁, Eight Ball F₁, Firenze F₁, Tuscany F₁, Parador F₁, Gold Rush F₁, Cronos F₁ ($-0,50 < r_p < 0,95$).

Виділено 9 гібридів – Alfresco F₁, Defender F₁, Firenze F₁, Tuscany F₁, Parador F₁, Afrodite F₁, Celeste F₁, Alexander F₁ та Paychek F₁, які мали високу залежність від гідротермічних умов вирощування та відзначалися помірними, сильними і дуже сильними кореляційними зв'язками з показником ГТК ($r_p = 0,50 \dots 0,99$). Ці гібридні генотипи є цінними джерелами для проведення селекційних відборів у популяціях, що розщеплюються і створення на їх основі сортів інтенсивного типу вирощування. У той же час, низьку залежність від гідротермічних умов вирощування продемонстрували три гібриди – Mikinos F₁, Jaguar F₁ і Best of British F₁. Дані гібриди є цінним джерелом для проведення адаптивної селекції на стійкість до дефіциту вологи і високих позитивних денних температур. Зокрема, перші два гібриди по суті не мали лінійного кореляційного зв'язку з ГТК ($r_p < 0,1$) за проявом 3 кількісних ознак: “загальна урожайність”, “товарна урожайність” та “загальна продуктивність однієї рослини”. У гібрида Best of British F₁ спостерігалися слабкі кореляційні зв'язки ($0,1 < r_p < 0,3$) між ГТК та трьома ознаками “загальна урожайність”, “загальна продуктивність однієї рослини” та “середня маса товарного плоду”. Одержані дані щодо

кореляційних взаємовідносин між ГТК і цінними кількісними ознаками є цінним інформаційним ресурсом в аспекті прогнозу адаптивного потенціалу у вихідного матеріалу, створюваного на основі досліджених гібридів F₁.

References

- Coolong, T. (2017). Yellow Squash and Zucchini Cultivar Evaluation in Georgia. *Hort Technology hortte*. 27(2), 296–302. Retrieved Dec 18, 2020. Available at: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/27/2/article-p296.xml> [in English].
- Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [Field experience methodology]. Moscow: Ahropromyzzdat [in Russian].
- Gorova, N.K., Yakovenko, K.I. (Eds). (2001). *Suchasni metody selektsiyi ovochevykh i bashtannykh kultur* [Modern methods of breeding of vegetable and melon crops]. Kharkiv: DP Kharkivska drukarnya № 2 [in Ukrainian].
- Grodzinskiy, D.M. (2013). *Adaptivnaya strategiya fiziologicheskikh protsessov rasteniy* [Adaptive strategy of plant physiological processes]. Kiev: Nauk. dumka [in Russian].
- Hassan, A. A., Abdel-Ati, K. E. A., Mohamed, M. I. A. (2016). Squash Germplasm Evaluation for some Vegetative Growth, Flowering and Yield Characters. *Middle East J. Agric. Res.* 5(1), 109–116 [in English].
- Kondratenko, S., Mogilnay, O., Sergienko, O., Samovol, O., Lankaster, Y., & Krutko, R. (2020). Adaptivnyy potentsial kolektsiynykh zrazkiv hibrydiv F₁ kabachka [Adaptive potential of collection samples of F₁ courgettes hybrids]. *Vegetable and Melon Growing*. 66, 28–38. DOI: <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-66-28-38> [in Ukrainian].
- Kondratenko, S., Sergienko, O., Lancaster, Y. (2021). Comprehensive study of selection-value lines of zucchini on the level of damage by the yellow mosaic virus (ZYMV) and manifestation of other diseases. *EUREKA: Life Sciences*. 6, 8–16. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.002186> [in English].
- Lee, S., Choi, Y., Jeong, H. S., Lee, J., & Sung, J. (2017). Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. *Food science and biotechnology*. 27(2), 333–342. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0281-1> [in English].
- Litun, P.P., Kirichenko V.V., Petrenkova V.P., Kolomatska V.P. (2007). *Adaptivnaya selektsiya. Teoriya i praktika na sovremennom etape* [Adaptive breeding. Theory and practice at the present stage]. Kharkiv: Institute of Roslinnitstva im. V.Ya. Yur'eva [in Russian].
- Marmoza, A.T. (2019). *Teoriya statystyky* [Theory of statistics]. Pidruchnyk–Kjiv: Tsentr uchbovoyi literatury [in Ukrainian].
- Martinez-Valdivieso, D., Gomez, P., Font, R. (2015). Physical and chemical characterization in fruit from 22 summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivars. *LWT – Food Science and Technology*. 64(2), 1225–1233 [in English].
- Megías, Z., Manzano, S., Martínez, C., García, A., Aguado, E., Garrido, D., Reboloso, M.M., Valenzuela, J.L. & Jamilena, M. (2018). Breeding for postharvest cold tolerance in zucchini squash. *Acta Hort.* 1194, 357–362. DOI: <https://doi:10.17660/ActaHortic.2018.1194.51> [in English].
- Orlyuk, A.P., Tsilinko, M.I., Vozhegova, R.A., Shpak, D.V. (2008). Efektyvnist' doboru na produktyvnist z hibrydnykh populyatsiy rysu [Efficiency of selection on productivity from hybrid populations of rice]. *Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvid. temat. nauk. zb.* 49, 159–162 [in Ukrainian].
- Palamarchuk, I.I. (2017). Vrozhainist roslyn kabachka zalezno vid sortovykh osoblyvostei v umovakh lisostepu pravoberezhnoho Ukrainy [Yield of zucchini plants depending on varietal characteristics in the Forest-Steppe conditions of the right-bank Ukraine]. *Silske hospodarstvo ta lisnytstvo*. 7(1), 150–157 [in Ukrainian].
- Paris, H.S., Cohen, R. (2002). Powdery mildew-resistant summer squash hybrids having higher yields than their susceptible, commercial counterparts. *Euphytica*. 124, 121–128. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1015623013740>
- Rakitsky, P.F. (1978). *Vvedeniye v statisticheskuyu genetiku* [Introduction to Statistical Genetics]. Minsk: Higher School [in Russian].
- Rudnieva, T.O., Shevchenko, O.P., Bysov, A.N., Polishchuk V.P. (2008). Poshyrennia virusnykh zakhvoriuvan roslyn rodyny *Cucurbitaceae* na terytorii Ukrainy [Distribution of viral diseases of plants of the *Cucurbitaceae* family in Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*. 2, 62–66 [in Ukrainian].
- Selyaninov, G.T. (1937). *Metody sel'skokhozyaystvennoy kharakteristiki klimata. Mirovoy agroklimaticheskyy spravochnik* [Methods of agricultural characteristics of the climate. World agroclimatic reference book]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 5–27 [in Russian].

Sergienko, O.V. (2020). Kabachok-tsukini: osoblyvosti i tekhnolohiya [Zabachok-tsukini: features i technology]. *Ovoshchi i frukty*. 10, 20–24. Available at: <https://www.proof.com.ua/kabachok-cukini-osoblivosti-i-tekhnologiya/> [in Ukrainian].

Tsvigun, V.O., Rudneva, T.O., Shevchenko, T.P., Budzanivska, I.G., Polishchuk, V.P. (2016). Strain attribution of Ukrainian isolates of Zucchini yellow mosaic virus and their occurrence in Ukraine. *Biopolymers and Cell*. 32(3), 235–241 [in English].

Sydorka, V.O. (2015). Rezul'taty konkursnoho sortovyprovuvannya heterozysnykh hibrydiv kabachka [Results of competitive variety testing of heterosis hybrids of zucchini]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo*. 61, 262–265. Available at: <https://vegetables-journal.com/index.php/journal/article/view/195> [in Ukrainian].

Sydorka, V.O. (2015). Rezultaty otsinky vykhidnoho materialu kabachka za kompleksom hospodarsko-tsinykh oznak [The results of the evaluation of the source material of zucchini on a set of economically valuable features]. *Ovochivny-*

tstvo i bashtannytstvo. 61, 257–261. Available at: <https://vegetables-journal.com/index.php/journal/article/view/194/278> [in Ukrainian].

Teresa, A. L., Harry, S. (2016). Paris, “Italian horticultural and culinary records of summer squash (*Cucurbita pepo Cucurbitaceae*) and emergence of the zucchini in 19th-century Milan”. *Annals of Botany*. 118, 53–69. [in English].

Tkachyk, S.O. (Eds). (2017). *Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslyn kartopli ta hrup ovochevykh, bashtannykh, pryano-smakovykh na prydatnist' do poshyrennya v Ukrayini (PSP)* [Methods of examination of potato plant varieties and groups of vegetables, melons, spices for suitability for distribution in Ukraine (PSP)]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].

Wang, Y.-H., Behera, T.K., & Kole, C. (Eds.). (2012). *Genetics, Genomics and Breeding of Cucurbits* (1st ed.). CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/b11436> [in English].