

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКА ДЕРЖАВНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ДОСЛІДНА
СТАНЦІЯ ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»**



**МЕТОДИКА ОЦІНКИ І ПІДБОРУ ВИСОКОАДАПТИВНИХ ФОРМ
ПОМІДОРА ДО МІНЛИВИХ ФАКТОРІВ ПОГОДИ З ПІДВИЩЕНИМ
ВМІСТОМ ЛІКОПЕНУ В ПЛОДАХ**

Методика оцінки і підбору високоадаптивних форм помідора до мінливих факторів погоди з підвищеним вмістом лікопену в плодах (науково-методичні рекомендації). Сміла, ЧДСГДС ННЦ «ІЗ НААН», 2025. 76 с.

Створена методика оцінки і підбору високоадаптивних форм помідора до мінливих факторів погоди з підвищеним умістом лікопену в плодах дозволяє оптимізувати кількість ознак, які використовуються для оцінки вихідних батьківських форм і гібридів на різних етапах селекційного процесу, що зменшує інформаційний простір на 30–50 %. Це скоротить час, який необхідний для вимірювань, зважувань і проведення біохімічних аналізів. Складовими методики є обов'язковий комплекс генетично-селекційних методів, а саме: методу оцінки фенотипової мінливості господарсько-цінних ознак; методу кореляційного аналізу, за допомогою якого встановлено міри зв'язку між ознаками; методу кластерного аналізу, за допомогою якого проведено поділ досліджуваних об'єктів на кластери; генетичному методу оцінки генотипів з високою стабільністю та пластичністю до умов зовнішнього середовища; методу аналізу якісних ознак.

Матеріали друкуються за результатами виконання завдання ПНД 20 «Овочеві і багаторічні культури».

*Видається за рішенням науково-технічної Ради
Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН»
від 28.10.2025 р., протокол № 9*

Автори: Рудас Л.А., кандидат с.-г. наук, Торбанюк М.В., доктор філософії

Рецензенти:

Володимир БІЛОНОЖКО – професор кафедри агрономії, біології та екології ННІ природничих та аграрних наук Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького, доктор. с.-г. наук

Володимир РАСЕВИЧ – заступник директора з наукової роботи ЧДСГДС ННЦ «ІЗ НААН», канд. біол. наук

Відповідальний за випуск: Рудас Л.А., кандидат с.-г. наук

© Черкаська державна
сільськогосподарська дослідна
станція ННЦ "ІЗ НААН", 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	С. 4
Розділ 1	
1.1 Походження, значення і використання помідора у харчовий промисловості.....	5
1.2 Лікопен, його біодоступність та корисні властивості.....	8
Розділ 2	
Фенотипова мінливість ознак помідора.....	10
Розділ 3	
Перевірка емпіричних даних на нормальність розподілу.....	18
Розділ 4	
Кореляційні зв'язки між ознаками.....	22
Розділ 5	
Кластеризація генотипів та ознак помідора.....	27
5.1 Кластеризація генотипів помідора.....	27
5.2 Кластеризація ознак помідора.....	37
Розділ 6	
Адаптивна здатність та стабільність генотипів помідора.....	44
6.1 Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за ознакою «уміст лікопену в плодах помідора».....	45
6.2 Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за ознакою «продуктивність рослин помідора».....	47
6.3 Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за ознакою «товарна продуктивність рослин помідора».....	49
Розділ 7	
Якісні ознаки помідора.....	52
Перелік використаних джерел.....	71

ВСТУП

Цінність помідора насамперед зумовлена високими смаковими і дієтичними характеристиками плодів і наявністю лікарських речовин з протекторною дією, зокрема лікопену, який на відміну від інших каротиноїдів, після термічних обробок не тільки зберігає свої властивості, але й покращує їх. Лікопен є унікальним природним антиоксидантом, що має антиканцерогенні властивості, основним компонентом каротиноїдів у стиглих плодах помідора, що надає їм привабливого червоного кольору. Його вміст становить 90 % від загальної кількості пігментів у стиглих плодах. За результатами генетичних досліджень виявлено, що високий вміст лікопену у плодах асоційований з окремими генами (*hp*, *hp-2^{dg}*, *B^c*, *B^{og}*), що відкриває можливість до широкого залучення їх у селекцію. Ген *hp-2^{dg}* одержано в США шляхом штучного мутагенезу. Т. Mochizuki, S. Kamimura (Японія) розроблено спосіб ідентифікації гомозиготних за генами *hp* і *hp-2^{dg}* зразків у фазі сходів, ними ж створено лінії з геном *hp*. [1]. Також вказані гени можуть підвищувати якість плодів, що стосується вмісту вітаміну С та пектинових речовин. Тому, створення сортів і гібридів помідора, що мають високий вміст лікопену, є одним з перспективних напрямів селекції. Важливим аспектом селекції на високий вміст лікопену є створення генотипів, що, залежно від умов вирощування, не знижують його вміст у плодах, а за сприятливих умов - навіть підвищують. Це так само актуально, як і створення сортів і гібридів, стійких проти біотичних та абіотичних факторів середовища, що зумовлено адаптивним потенціалом вихідного матеріалу.

Одним з основних критеріїв господарської цінності нових сортів є їх високий адаптивний потенціал. Створення сортів з високим рівнем адаптації до умов навколишнього середовища – важливий напрям селекції. Встановлення реакції сортів на зміну екологічних умов дозволяє виділити цінні зразки, які забезпечують високий стабільний рівень урожайності та якісних показників [2].

РОЗДІЛ 1

1.1 Походження, значення і використання помідора у харчовий промисловості

Помідор (*Solanum lycopersicum* L.) походить з Південної і Центральної Америки, зокрема, з Перу та Галапагоських островів. Найвірогіднішим предком є *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* "дикі помідори чері", адже саме ці популяції стихійно ростуть в тропічному та субтропічному середовищі і пристосовані до особливих мікрокліматичних та ґрунтових умов [3, 4].

У середині XVI століття помідори були завезені в Європу іспанськими мореплавцями. Протягом кількох століть їх вважали декоративною та отруйною рослиною, яку вирощували в горщиках, оранжереях та садах. Однак, у XIX столітті споживання помідорів у їжу стало поширеним явищем по усій Європі, особливо в Італії [5].

В Україні перші плоди помідора почали вирощувати у XVIII столітті у Криму, масового поширення по усій території вони набули у XIX столітті.

На даний час помідор є однією з найважливіших з економічної точки зору та широко вирощуваних овочевих культур у світі. За останнє десятиліття у структурі світового виробництва овочів він займає одне з провідних місць. Згідно з даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), у 2023 році було вироблено понад 192,0 млн кг, які вирощувались на площі ~5,5 млн га. Провідними виробниками помідорів є Китай, Індія, Туреччина, США, Єгипет та Італія, на які припадає близько 70 % світового виробництва [6].

В Україні за даними Державної служби статистики під вирощуванням овочів у відкритому ґрунті у 2024 р. була зайнята площа у 47,1 тис. га, посівна площа під помідорами становила 7,9 тис. га, валовий збір – 5681,0 тис. ц. [7].

Сучасні концепції правильного харчування ставлять споживання помідорів на перше місце, головним чином тому, що вони забезпечують

організм людини широким спектром поживних і корисних речовин, необхідних для нормальної фізіологічної діяльності людського організму [8].

Плоди помідора є джерелом вітамінів та мінералів (калію, магнію, фосфору), клітковини [9]. Уміст води від 93 % до 97 %, решта – органічні кислоти (яблучна, лимонна, винна, щавелева, янтарна), цукор, мінеральні речовини, легкозасвоювані вуглеводи, пектинові речовини, а також каротиноїди, вітаміни С, В, В2, РР, А, Н, В9. Помідори містять значну кількість фенольних сполук, аскорбінової кислоти та лікопену, що надають фруктам бажаного смаку та кольору. Загальна кислотність і вміст цукру є факторами, які визначають солодкість, кислинку та загальний смак помідорів [10–12]. Харчова цінність плодів зумовлена підвищеним умістом каротиноїдів, що є природним джерелом антиоксидантів у щоденному раціоні людини.

Користь плодів помідора для здоров'я доведена науковими дослідженнями, адже вони мають антибактеріальну та протизапальну дію, регулюють роботу нервової системи, нормалізують діяльність шлунково-кишкового тракту, поліпшують роботу печінки, нирок і статевих органів. Також відмічено позитивний ефект при профілактиці хвороби атеросклерозу та діабету, завдяки зниженню рівня холестерину, артеріального тиску та цукру в крові [13]. Регулярне споживання плодів помідора чи продуктів його переробки сприяє зниженню серцево-судинних захворювань на 30 % [14].

Антиоксидантні властивості плодів помідора зумовлені наявністю у складі каротиноїдів, зокрема, лікопену та *b*-каротину, які завдяки своїм біологічним та фізико-хімічним властивостям і численним перевагам для здоров'я, мають надзвичайно важливе значення. Вони володіють антиканцерогенними властивостями та є виключно натуральним засобом в профілактиці раку підшлункової залози, прямої кишки, стравоходу, ротової порожнини, молочних залоз і шийки матки [15, 16].

Використання плодів помідора різноманітне: у вигляді салатів, солінь і маринадів. Близько 50 % урожаю помідора використовують для виготовлення пасти, соусу, пюре, соку та порошку. Навіть використовують у косметичці, як

домашні маски для обличчя та сироватки, оскільки вони містять біотин і вітамін С [17].

Однак, від 10 % до 30 % маси помідорів перетворюється на відходи під час переробки [18]. Помідорні вижимки, побічний продукт, зазвичай складається приблизно з 56,0–65,3 % шкірки, частин м'якоті та 38,5–44,0 % насіння [19, 20]. Вони містять до 38 % сирого білку, 12 % сирого жиру, 25 % безазотних екстрактивних речовин і близько 6 % клітковини. Слугують функціональними добавками для корму в тваринництві завдяки високому вмісту біоактивних сполук, при цьому сприяють сталому розвитку та переробці відходів, що робить внесок у створення більш екологічного середовища [21, 22].

Насіння використовується для створення помідорної олії, яка добре відома своїми універсальними та корисними для здоров'я властивостями у харчовій та медичній промисловості. Діє як кращий антиоксидант та має антимікробні властивості, завдяки своїм незамінним жирним кислотам, таким як олеїнова та лінолева кислоти. Олія універсального застосування, від основного інгредієнта дієтичних добавок до компоненту складу плівок для пакування харчових продуктів [23, 24].

Широка різноманітність використання плодів помідора сприяє постійному зростанню споживчого попиту на продукцію. Підвищення обсягів виробництва помідора в першу чергу залежить від створення та швидкого впровадження у виробництво нових гібридів та сортів з бажаними господарсько-цінними ознаками та високою продуктивністю.

1.2 Лікопен, його біодоступність та корисні властивості

Плоди помідора є основним джерелом каротиноїдів, зокрема, лікопену, який відіграє важливу роль у житті людини, потужного антиоксиданта та фітонутрієнта, що допомагає організму боротися з інфекціями, зменшує запалення та зміцнює імунітет.

Згідно з дослідженнями виявлено понад 750 каротиноїдів, які поділяються на дві основні категорії: вуглеводневі каротиноїди та ксантофіли.

Лікопен (молекулярна формула: $C_{40}H_{56}$) — червоний ліпофільний каротиноїдний вуглеводневий пігмент, вперше виявлений у помідорах та інших червоних, рожево-помаранчевих фруктах і овочах, таких як абрикос, журавлина, диня, виноград, гуава, папайя, персик, рожевий грейпфрут, червона морква та кавун [25]. Він має унікальні структурні та хімічні властивості, що зумовлюють його специфічні біологічні особливості. Бере участь у процесі фотосинтезу та захищає рослини від пошкоджень, спричинених надмірним впливом світла [26].

За походженням може бути природнім або синтетичним. У природі зустрічається у вигляді *транс*-ізомерів, однак в організмі людини представлений у вигляді *цис*-ізомерів. Ізомеризаційне перетворення відбувається під час переробки, а також метаболічних процесів в організмі людини [27].

Оскільки організм людини не може синтезувати лікопен, тому він повинен надходити з їжею, а плоди помідора є найдешевшим джерелом для споживання [28]. При цьому, різні сорти помідорів, а також різні фрукти та овочі містять різну його кількість [29]. Вміст лікопену у кавуні становить 2,30–7,20 мг/100 г; гуаві – 5,23–5,50; папайї – 0,11–5,30; грейпфруті – 0,35–3,36; моркві – 0,65–0,78; шипшині – 0,68–0,71; гарбузі – 0,38–0,46; абрикосі – 0,01–0,05 мг/100 г. Найвищий його вміст у плодах помідора, де він становить від 0,72 до 20,0 мг/100 г [30].

Добова норма споживання варіюється залежно від регіону. В Європі його споживання 0,5–5 мг/день, у США добова норма становить понад 7 мг/день [31].

Суттєво впливають на вміст лікопену в плодах ґрунтово-кліматичні умови місця вирощування, наявність удобрення, зрошення та ін. Важливу роль у цьому процесі відіграє температура повітря – якщо впродовж тривалого часу вона перевищує 35 °С, відбувається деградація даного пігменту, він перетворюється на бета-каротин [32].

Процес термічної обробки плодів помідора підвищує біодоступність лікопену. Водночас, необхідно враховувати специфічні особливості переробки. Заморожування, або стерилізація сприяють збереженню максимальних концентрацій у кінцевому продукті (помідорне пюре має найвищу стабільність, із загальною втратою 20 %). При цьому, процеси дегідратації можуть бути причинами деградації лікопену, що призводить до його ізомеризації та окислення [33, 34].

Ациклічна структура лікопену впливає на його розчинність. Він нерозчинний у воді та лише обмежено розчинний в органічних розчинниках (ацетон, хлороформ, бензол, гексан, метиленхлорид та петролейний ефір), що обмежує його видалення з вихідної рослинної сировини [35, 36]. Ефективність екстракції можна підвищити, використовуючи комбінації розчинників і, таким чином, дифузії біоактивних речовин [37, 38].

Споживчий попит на нутрицевтичні продукти з підвищеним вмістом лікопену сприяє пошуку нових можливостей для покращення якісного складу плодів помідора. При цьому, екологічно чистий процес екстракції лікопену з мінімальною втратою біологічної активності формує потенційні переваги для харчової, кормової, косметичної та фармацевтичної промисловості [39].

РОЗДІЛ 2

ФЕНОТИПОВА МІНЛИВІСТЬ ОЗНАК ПОМІДОРА

Кількісні ознаки найбільш піддаються дії умов середовища, тому рослини, що мають однаковий генотип, будуть відрізнятися за ступенем вираженості цих ознак. Більшість господарсько-цінних ознак відносяться до категорії кількісних, тому вивчення їх мінливості має велике значення. Нами проведено оцінку мінливості двадцяти чотирьох кількісних ознак тридцяти шести зразків помідора (Таблиця 2.1, рисунок 2.1).

За загальною продуктивністю досліджені зразки виявили, в основному, середню – (58,3-75,0 %) зразків і високу варіабельність ознаки (47,2 %), відповідно.

Таблиця 2.1 – Мінливість ознак у зразків помідора, %, 2021–2023 рр.

№ з/п	Ознаки	Роки	З них мають коефіцієнт варіації, %		
			0-10,0	10,1-20,1	20,1-33,0
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	Загальна продуктивність	2021	8,30	44,50	47,20
		2022	19,40	75,00	5,60
		2023	2,78	58,32	38,90
2	Кількість плодів на рослині	2021	2,80	30,50	66,70
		2022	16,70	69,40	13,90
		2023	0	58,32	41,67
3	Товарна продуктивність	2021	8,30	27,80	63,90
		2022	2,80	83,30	13,90
		2023	2,78	36,11	61,11
4	Кількість товарних плодів на рослині	2021	2,80	16,60	80,60
		2022	0	58,30	41,70
		2023	2,78	36,11	61,11
5	Маса товарного плоду	2021	36,10	52,80	11,10
		2022	52,80	44,40	2,80
		2023	36,11	68,89	0
6	Висота плоду	2021	83,30	16,70	0
		2022	97,20	2,80	0
		2023	100	0	0

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
7	Ширина плоду	2021	72,20	27,80	0
		2022	83,30	16,70	0
		2023	86,11	13,89	0
8	Індекс плоду	2021	83,30	16,70	0
		2022	88,90	11,10	0
		2023	86,11	13,89	0
9	Камерність	2021	2,80	55,50	41,70
		2022	0	69,40	30,60
		2023	0	75,00	25,00
10	Товщина перикарпію	2021	47,20	50,00	2,80
		2022	33,30	66,70	0
		2023	58,33	41,67	0
11	Діаметр серцевини у поперечному перерізі	2021	38,90	61,10	0
		2022	33,30	63,90	2,80
		2023	61,11	38,89	0
12	Тривалість періоду «сходи- достигання»	2021	100	0	0
		2022	100	0	0
		2023	100	0	0
13	Тривалість періоду «сходи-цвітіння»	2021	100	0	0
		2022	100	0	0
		2023	100	0	0
14	Тривалість періоду «цвітіння- достигання»	2021	100	0	0
		2022	100	0	0
		2023	100	0	0
15	Довжина головного стебла	2021	83,30	13,90	2,80
		2022	88,90	11,10	00
		2023	91,67	8,33	0
16	Висота закладання першого суцвіття	2021	97,20	2,80	0
		2022	97,20	2,80	0
		2023	97,22	2,78	0
17	Кількість суцвіть на головному стеблі	2021	0	44,40	55,60
		2022	97,20	2,80	0
		2023	0	86,11	13,89
18	Кількість плодів на другому суцвітті	2021	2,80	19,40	77,80
		2022	0	75,00	25,00
		2023	5,55	38,89	55,56
19	Уміст лікопену в плодах	2021	44,40	22,20	33,30
		2022	44,40	22,20	33,30
		2023	16,67	36,11	47,22

Кінець таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
20	Уміст сухої розчинної речовини	2021	36,40	45,40	18,20
		2022	81,80	18,20	0
		2023	72,72	27,27	0
21	Уміст м'якоті у соку	2021	18,20	54,50	27,30
		2022	36,40	45,40	18,20
		2023	9,09	18,18	72,72
22	Кислотність	2021	63,60	27,30	9,10
		2022	45,50	27,30	27,20
		2023	45,45	45,45	9,09
23	Уміст цукру	2021	45,50	54,50	0
		2022	45,50	54,50	0
		2023	45,50	54,50	0
24	Уміст вітаміну С	2021	54,50	45,50	0
		2022	45,50	27,30	27,20
		2023	36,36	27,27	36,36

Значення ознаки «кількість плодів на рослині» два роки досліджень у більшості зразків виявила середню варіабельність (58,32-60,40 % зразків), в один рік досліджень ознака проявила себе як сильноваріююча (66,7 % зразків).

Ознаку «товарна продуктивність» можна віднести до сильноваріюючих. Високі значення коефіцієнтів варіації встановлено у 61,1-63,9 % досліджуваних зразків, відповідно за два роки досліджень, в один рік ознака виявила середнє варіювання (83,3 % зразків).

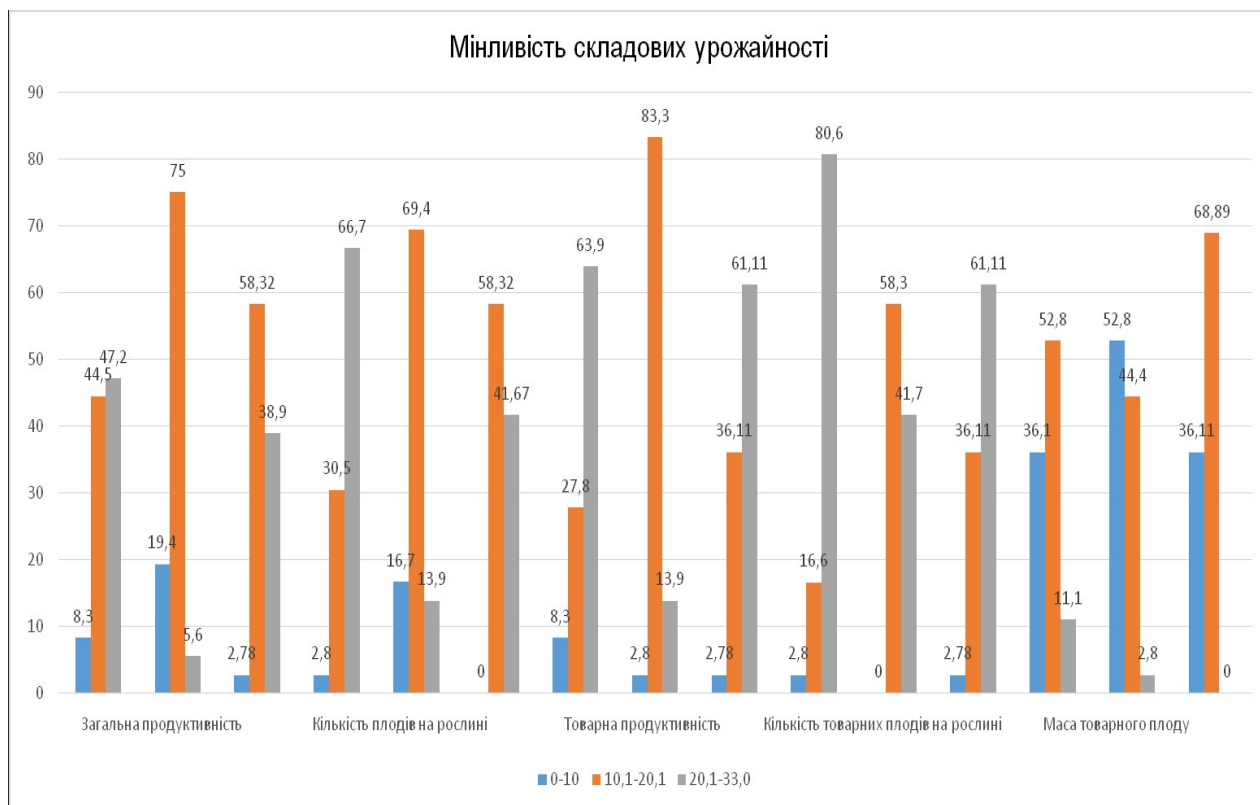


Рисунок 2.1 – Фенотипова мінливість складових урожайності помідора, 2021–2023 рр.

Більшість зразків за ознакою «кількість товарних плодів на рослині» виявила високе (61,11-80,6 %) і середнє (58,3 % зразків) варіювання ознаки.

Середня маса товарного плоду – ознака середньоваріюча у більшості досліджуваних зразків (52,8-68,9 %) і слабоваріюча (52,8 % зразків) за один рік досліджень.

Висота, ширина та індекс плоду – ознаки слабоваріюючі за всі роки проведення досліджень. Низькі значення коефіцієнту варіації виявили від 83,3 до 10 % зразків за ознакою «висота плоду», 72,2-86,1 % зразків за ознакою «ширина плоду» і 83,3-88,9 % зразків за ознакою «індекс плоду» (Таблиця 2.1, рисунок 2.2).

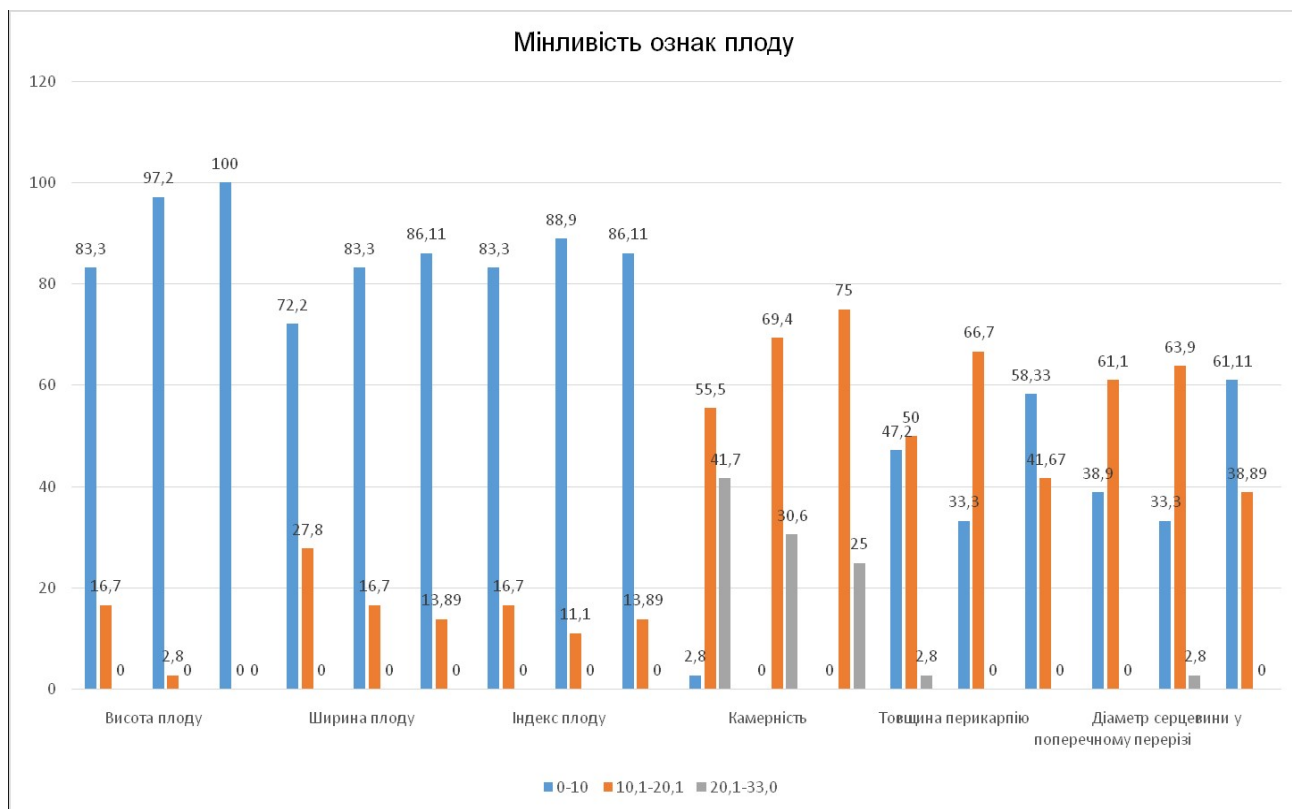


Рисунок 2.2 – Фенотипова мінливість ознак плоду помідора,
2021–2023 рр.

Камерність виявила середню (55,5-75,0 % зразків) мінливість ознаки.

Товщина перикарпію – ознака середньоваріююча (за два роки) і слабоваріююча в один рік досліджень. Ознака мала таке вираження: 59,0-66,7 та 58,33 %, відповідно.

Ознака «діаметр серцевини у поперечному розрізі» у більшості випадків проявила себе як середньоваріююча у 61,1-63,9 % зразків, за один рік 61,1 % зразків мали низьке значення коефіцієнта варіації.

Ознаки тривалості міжфазних періодів «сходи–цвітіння», «цвітіння–достигання» та періоду «сходи–достигання» виявили стовідсоткову низьку варіабельність, що свідчить про їх найбільшу вирівняність (Таблиця 2.1, рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Фенотипова мінливість тривалості міжфазних періодів та ознак стебла помідора, 2021–2023 рр.

Довжина головного стебла і висота закладання першого суцвіття – ознаки у більшості випадків маловаріабельні: 83,3-91,87 % зразків і 97,2 % зразків, відповідно, мали низькі значення коефіцієнта варіації.

На кількість суцвіть на головному стеблі найбільше вплинули погодні умови років досліджень: в один рік більшість зразків (55,6 %) виявили високу варіабельність ознаки, на другий 97,2 % зразків мали низькі значення коефіцієнта варіації, на третій середню (86,11 %) зразків.

Кількість плодів на другому суцвітті відноситься до сильноваріюючих ознак: 55,56-75,0 % зразків мали значення коефіцієнта варіації більше 20 %, лише в один рік досліджень зразки мали середнє варіювання (75,0 %) зразків.

Кількість зразків у відсотках за ознакою «уміст лікопену у плодах виявив майже рівномірний розподіл за мінливістю ознаки. Найвищий показник 44,4 % слабого варіювання за два роки досліджень і 47,22 % зразків з високою мінливістю на третій рік досліджень (Таблиця 2.1, рисунок 2.4).

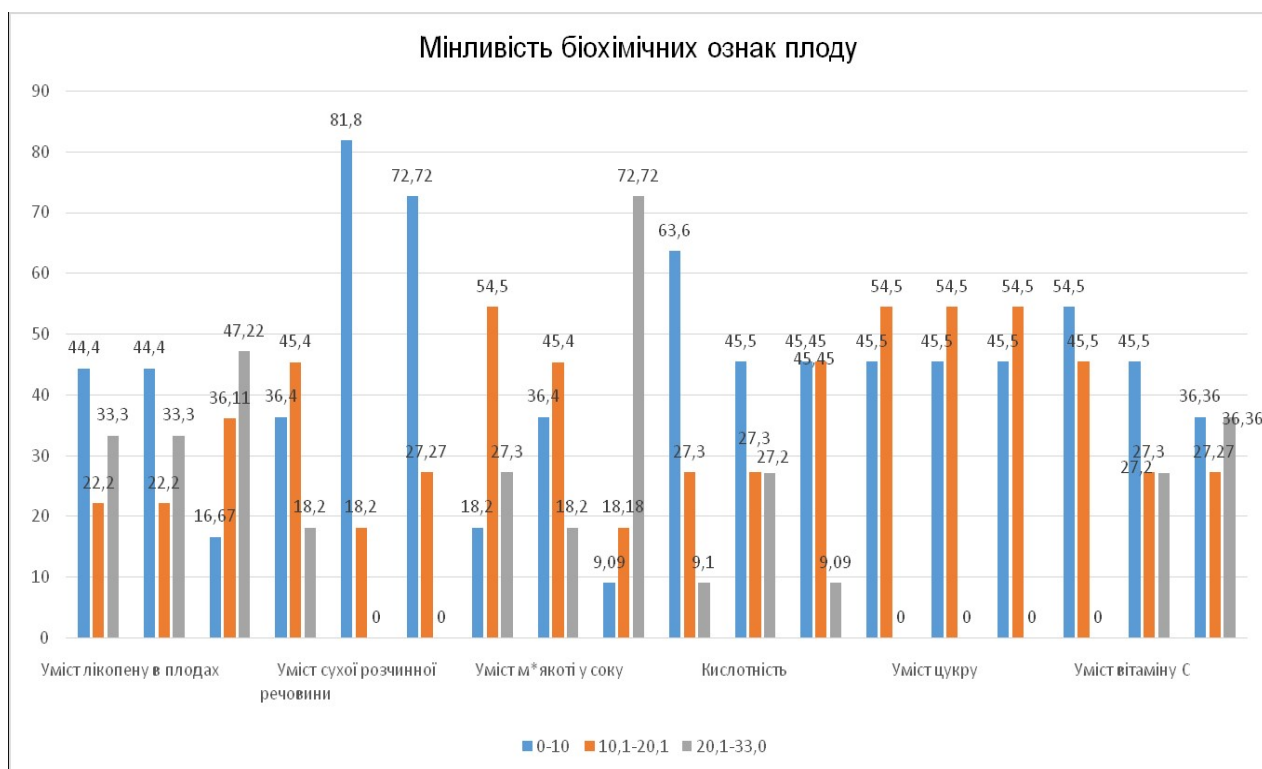


Рисунок 2.4 – Фенотипова мінливість біохімічних ознак плоду помідора, 2021–2023 рр.

Ознака «уміст сухої розчинної речовини» за два роки досліджень мала низьке варіювання ознаки (72,72-81,80 % зразків).

Уміст м'якоті у соку – в основному виявив середню (45,4-54,5 % зразків) варіабельність.

Ознака кислотності у даному наборі зразків проявила низьку – 63,6 % зразків за один рік досліджень і 45,5 % зразків за два роки досліджень варіабельність ознаки.

Уміст цукру – ознака середньоваріабельна (54,5 % зразків) за всі роки досліджень виявили середню мінливість ознаки.

За ознакою «уміст вітаміну С» 54,5 % зразків показали низьку варіабельність у перший рік досліджень, у два інші відсотки розподілились рівномірно, не було виявлено переваги у відсотках серед зразків.

Отже, встановлено, що такі ознаки як тривалість міжфазних періодів «сходи–цвітіння», «цвітіння–достигання», тривалість періоду «сходи–достигання» стовідсотково, висота плоду (83,3-100 %), його ширина (72,2-86,1 %), індекс плоду (83,3-86,1 %), довжина головного стебла – (83,3-91,67 %), висота закладання першого суцвіття – 97,2 %, уміст сухої розчинної речовини 72,7-81,8 % зразків характеризувались як слабоваріабельні з коефіцієнтом варіації до 10 %. Середньоваріюючими виявились ознаки «загальна продуктивність» (44,5-77 %) зразків, кількість плодів на рослині (58,32-60,4 %), середня маса товарного плоду – 52,8-68,89 % зразків, кількість камер – 55,5-75,0 %, діаметр серцевини у поперечному розрізі – 61,1-63,9 %, товщина перикарпію (50,0-66,7 %) зразків. Кількість зразків у відсотках за ознакою «уміст лікопену у плодах» виявив майже рівномірний розподіл за мінливістю ознаки. Найвищий показник 44,4 % слабого варіювання за два роки досліджень і 47,22 % зразків з високою мінливістю на третій рік досліджень.

РОЗДІЛ 3

ПЕРЕВІРКА ЕМПІРИЧНИХ ДАНИХ НА НОРМАЛЬНІСТЬ РОЗПОДІЛУ

Оцінку нормальності розподілу емпіричних даних проводили згідно «Статистичних методів у біологічних дослідженнях» [40]. Ми використовували непрямий метод, який передбачає оцінювання коефіцієнтів асиметрії і ексцесу.

Згідно з властивостями нормального розподілу значення медіани і середнього мають бути рівні між собою. Однак повний збіг таких числових значень трапляється дуже рідко, тому аналізують, наскільки істотною буде наявна різниця. Для ознаки «загальна продуктивність» різниця значень становить 0,0356, що дає можливість припустити, що розподіл даних за цією ознакою схожий на нормальний. Однак ми вирішили оцінити достовірну відповідність розподілу змінних загальної продуктивності (Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Показники для визначення нормальності розподілу емпіричних даних

Ознаки	Mean	Median	Асиметрія	Похибка	Ексцес	Похибка
Загальна продуктивність	1,1656	1,1300	0,68219	0,39254 4	0,0508 9	0,76807 6
Уміст лікопену	4,4694	3,5450	1,11796	0,39254 4	0,6537 4	0,76807 6
Довжина головного стебла	63,986 7	54,625 0	1,50674	0,39254 4	1,1995 7	0,76807 6

Розподіл можна вважати достовірно нормальним, якщо абсолютна величина показників асиметрії та ексцесу менше їх помилки репрезентативності у три і більше разів. Для ознаки загальна продуктивність це правило виконується $(3 \times 0,392544) > 0,68219$; $(3 \times 0,768076) > 0,05089$.

Для ознаки «уміст лікопену в плодах» різниця значень становить 0,9244; $(3 \times 0,392544) > 1,11796$; $(3 \times 0,768076) > 0,65374$, тобто, правило нормального розподілу теж виконується.

Для ознаки «довжина головного стебла» різниця значень становить 9,3617; $(3 \times 0,392544) < 1,50674$; тому нормальний розподіл тут відсутній.

За допомогою графічних методів аналізу можливо візуально оцінити вигляд кривої розподілу та її відхилення від нормальної. Згідно даних наших досліджень побудовано гістограму частот, діаграму розмаху та нормально-ймовірнісні графіки для трьох ознак (Рисунки 3.1–3.3).

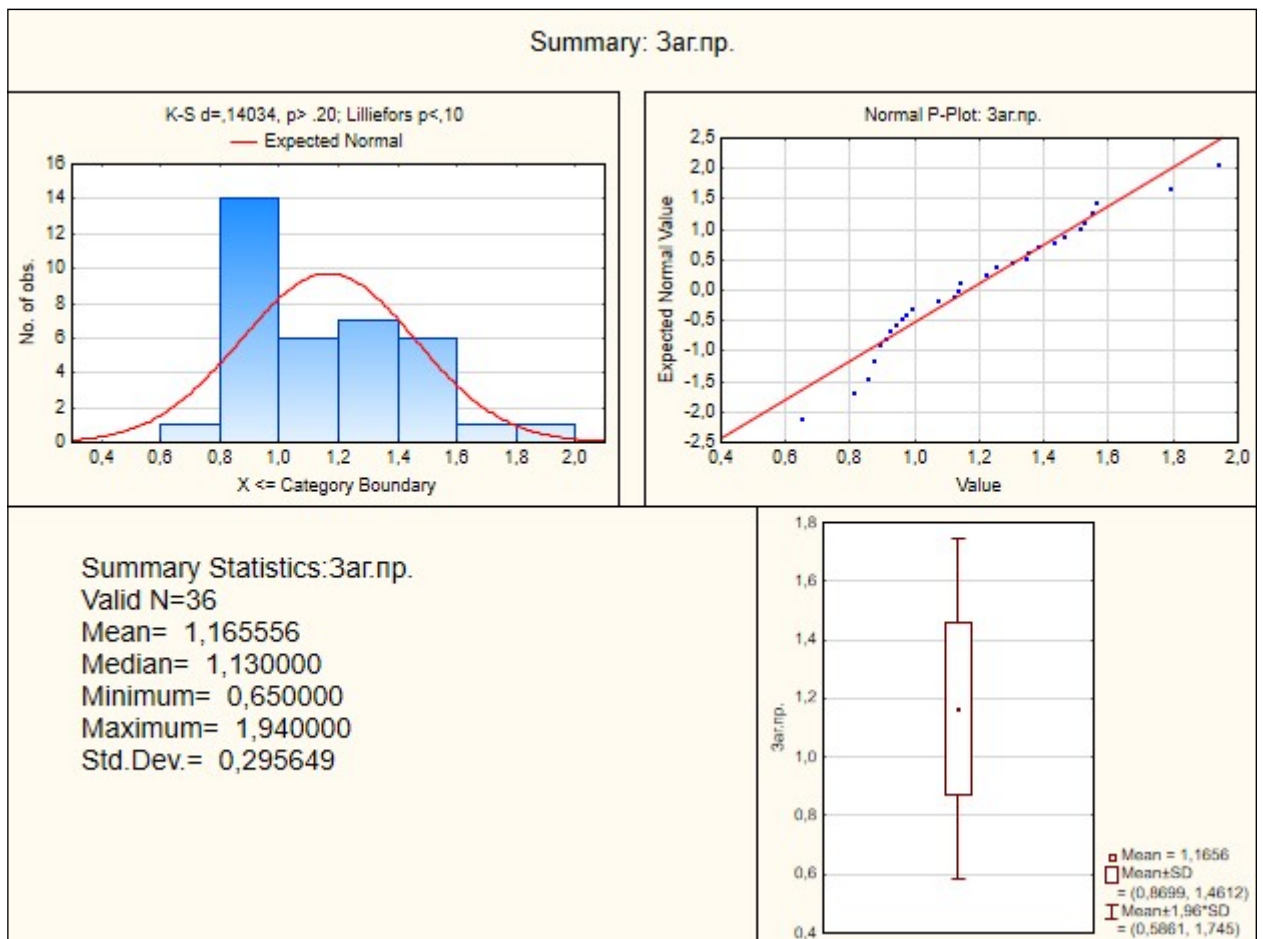


Рисунок 3.1 – Графічні методи оцінювання нормальності розподілу ознаки "загальна продуктивність", 2021 р.

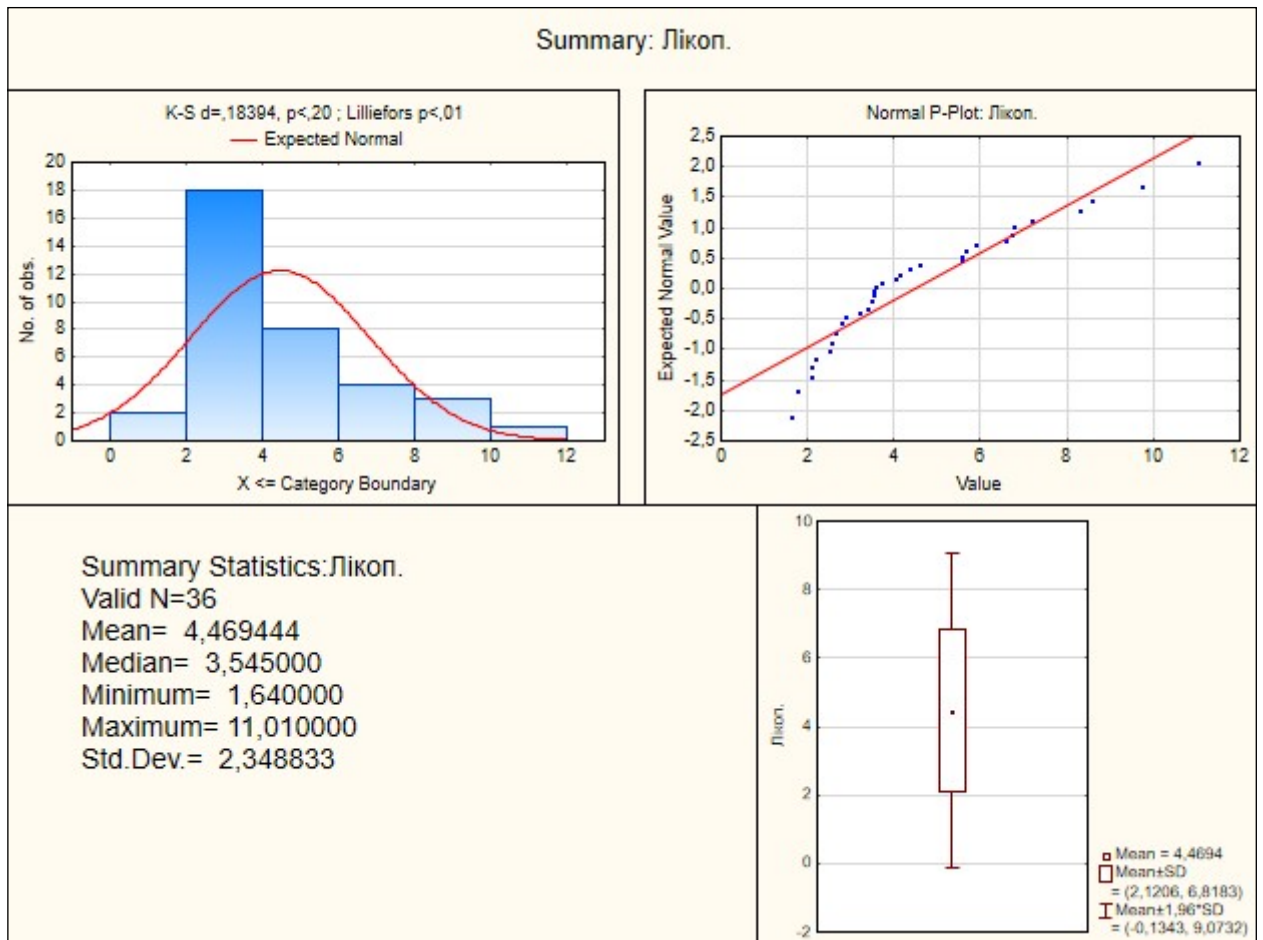


Рисунок 3.2 – Графічні методи оцінювання нормальності розподілу ознаки «уміст лікопену в плодах», 2021 р.

Як видно з рисунків 3.1 та 3.2 гістограма частот для змінних ознак «загальна продуктивність» та «уміст лікопену в плодах» не має значного відхилення від нормальної кривої, має дзвіноподібну форму. Діаграми розмаху за ознаками симетричні. Показники на нормально-ймовірнісному графіку лежать близько від нормальних даних як за ознакою «загальна продуктивність», так і за ознакою «уміст лікопену в плодах», тобто, розподіл даних за цими ознаками можна вважати таким, що відповідають нормальному розподілу.

Показники ознаки «довжина головного стебла» на нормально-ймовірнісному графіку лежать далеко від нормальних даних, тому

розподіл даних за цією ознакою не можна вважати нормальним (Рисунок 3.3). До того ж, якщо при розрахунках $p < 0,05$, як у нашому випадку, то розподіл теж не може вважатися нормальним.

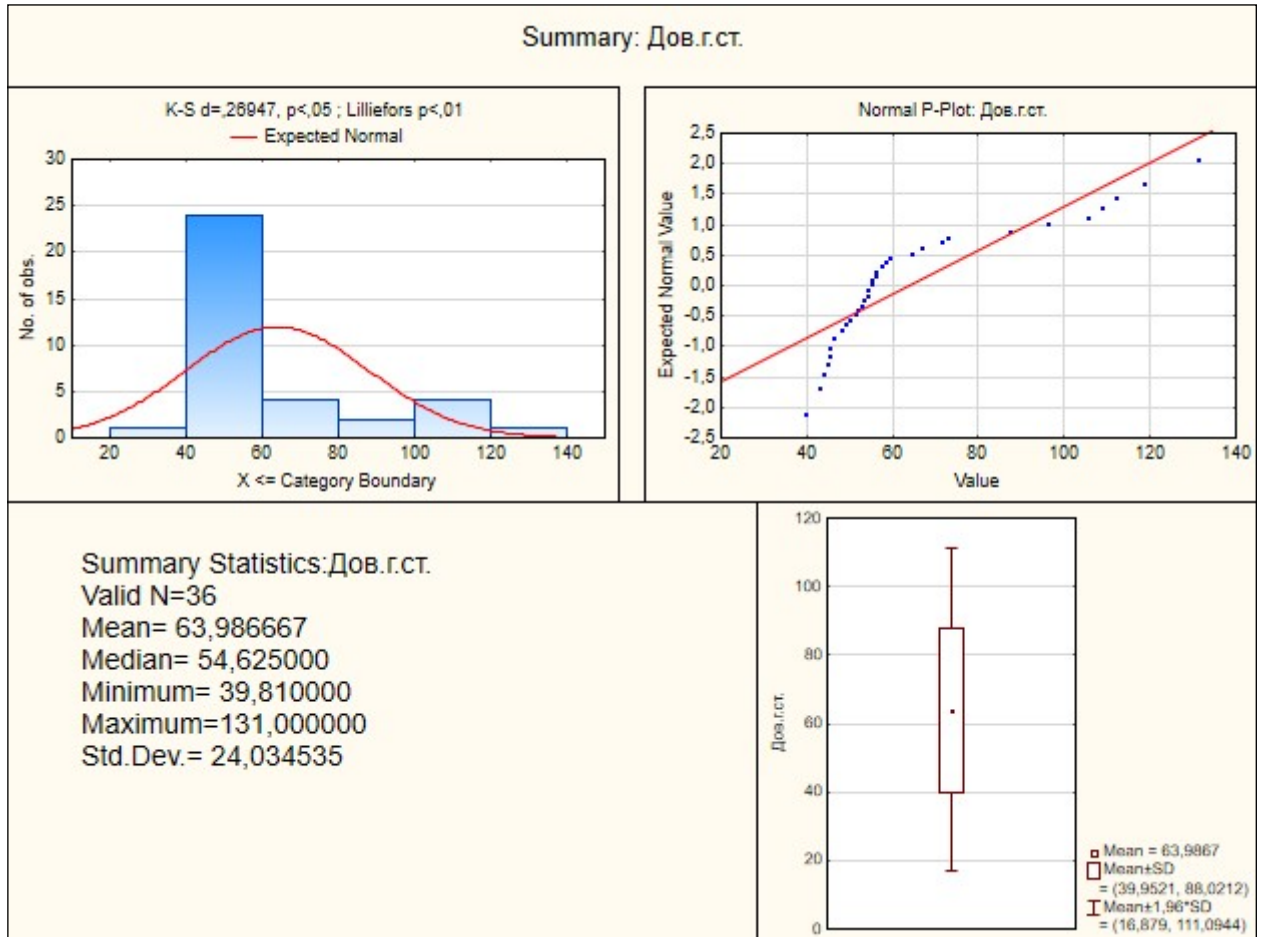


Рисунок 3.3 – Графічні методи оцінювання нормальності розподілу ознаки "довжина головного стебла", 2021 р.

Отже, серед емпіричних даних чисел ознак є ознаки, у яких відсутній нормальний розподіл. Це свідчить про необхідність переходу на непараметричну статистику. Замість звичного нам коефіцієнта кореляції за Пірсоном (r) ми визначали коефіцієнт кореляції за Спірменом (r_s), який не реагує на розподіл варіантів у варіаційному ряду.

РОЗДІЛ 4

КОРЕЛЯЦІЙНІ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ ОЗНАКАМИ

За результатами проведеного нами кореляційного аналізу встановлено коефіцієнти кореляції Спірмена для двадцяти чотирьох кількісних і тринадцяти якісних ознак у групі досліджуваних зразків помідора (Таблиця 4.1). Достовірність коефіцієнтів кореляції перевірили за спеціальною таблицею, у якій містяться значення критичних точок r_{st} для рівня значимості $\alpha=5\%$ з урахуванням числа ступенів свободи. Критичне значення коефіцієнта кореляції для тридцяти шести зразків і 5% рівнем значимості становить 0,35 (абсолютна величина) [11]. Встановлено високі достовірні кореляційні зв'язки за три і два роки досліджень між загальною і товарною продуктивністю ($r = 0,90-0,97$), загальною кількістю плодів і кількістю товарних плодів на рослині ($r = 0,90-0,94$), кількістю плодів на рослині і кількістю подів на другій китиці ($r = 0,67-0,82$), середньою масою товарного плоду і його шириною ($r = 0,76-0,82$), середньою масою товарного плоду і камерністю ($r = 0,62-0,72$), середньою масою товарного плоду і діаметром серцевини ($r = 0,64-0,75$), висотою плоду та його індексом ($r = 0,69-0,78$), шириною плоду і камерністю ($r = 0,77-0,81$), шириною плоду і діаметром серцевини ($r = 0,92-0,95$), камерністю і діаметром серцевини ($r = 0,89-0,91$), ($r = 0,89-0,91$), тривалістю періодів «сходи–цвітіння» і «сходи–достигання» ($r = 0,57-0,93$), «цвітіння–достигання» і «сходи–достигання» ($r = 0,75-0,72$). Між умістом вітаміну С і інтенсивністю забарвлення зеленого плоду в один рік досліджень було виявлено високу кореляцію ($r = 0,75$). Середній кореляційний зв'язок був між умістом вітаміну С і забарвленням квітки ($r = 0,47-0,59$), умістом вітаміну С і забарвленням плоду ($r = 0,46-0,52$).

Високі достовірні обернені кореляційні зв'язки встановлено між камерністю і кількістю плодів на другій китиці ($r = -0,67-(-0,74)$), кількістю плодів на рослині і середньою масою товарного плоду ($r = -0,60-(-0,77)$), кількістю плодів на рослині і шириною плоду ($r = -0,61-(-0,72)$), кількістю

плодів на рослині і камерністю ($r = -0,67-(-0,74)$), кількістю плодів на рослині і діаметром серцевини ($r = -0,67-(-0,78)$), шириною плоду і кількістю плодів на другій китиці ($r = -0,65-(-0,71)$), між шириною та індексом плоду ($r = -0,73-(-0,82)$), індексом плоду і кількістю камер ($r = -0,77-(-0,80)$), індексом плоду і діаметром серцевини ($r = -0,84-(-0,88)$), діаметром серцевини і кількістю плодів на другій китиці ($r = -0,61-(-0,74)$). Якщо коефіцієнт кореляції має від'ємне значення, це свідчить про наявність оберненого зв'язку: із збільшенням однієї величини зменшується інша. Наприклад, із збільшенням кількості плодів на рослині зменшується середня маса плоду.

Таблиця 4.1 – Достовірні коефіцієнти кореляції і детермінації, 2021–2023 рр.

№ з/п	Пари ознак		2021	2022	2023
1	2	3	4	5	6
1	Загальна продуктивність і товарна продуктивність	r	0,90	0,91	0,97
		d _{yx}	81,0	83,0	94,0
2	Кількість плодів на рослині і кількість товарних плодів на рослині	r	0,90	0,90	0,94
		d _{yx}	81,0	81,0	88,0
3	Кількість плодів на рослині і середня маса товарного плоду	r	-0,60	-0,70	-0,77
		d _{yx}	36,0	49,0	59,0
4	Кількість плодів на рослині і камерність	r	-0,64	-0,82	-0,75
		d _{yx}	41,0	67,0	56,0
5	Кількість плодів на рослині і кількість плодів на другій китиці	r	0,67	0,71	0,82
		d _{yx}	45,0	50,0	67,0
6	Середня маса товарного плоду і ширина плоду	r	0,76	0,82	0,82
		d _{yx}	58,0	67,0	67,0
7	Середня маса товарного плоду і камерність	r	0,62	0,62	0,72
		d _{yx}	38,0	38,0	52,0
8	Середня маса товарного плоду і діаметр серцевини	r	0,64	0,75	0,72
		d _{yx}	46,0	56,0	52,0
9	Середня маса товарного плоду і ребристість	r	0,61	0,67	0,65
		d _{yx}	37,0	45,0	42,0
10	Висота плоду і індекс плоду	r	0,69	0,78	0,75
		d _{yx}	48,0	61,0	56,0
11	Ширина плоду і індекс плоду	r	-0,73	-0,82	-0,76
		d _{yx}	53,0	67,0	58,0

1	2	3	4	5	6
12	Ширина плоду і камерність	r	0,81	0,77	0,80
		d _{yx}	66,0	59,0	64,0
13	Ширина плоду і діаметр серцевини	r	0,92	0,95	0,95
		d _{yx}	85,0	90,0	90,0
14	Ширина плоду і кількість плодів на другій китиці	r	-0,71	-0,70	-0,65
		d _{yx}	50,0	49,0	72,0
15	Індекс плоду і камерність	r	-0,80	-0,77	-0,77
		d _{yx}	44,0	59,0	59,0
16	Індекс плоду і діаметр серцевини	r	-0,84	-0,88	-0,84
		d _{yx}	71,0	77,0	71,0
17	Камерність і діаметр серцевини	r	0,91	0,89	0,89
		d _{yx}	83,0	79,0	79,0
18	Камерність і кількість плодів на другій китиці	r	-0,70	-0,74	-0,67
		d _{yx}	49,0	54,8	44,9
19	Діаметр серцевини і кількість плодів на другій китиці	r	-0,73	-0,74	-0,61
		d _{yx}	53,0	55,0	37,0
20	Довжина головного стебла і висота закладання першої китиці	r	0,57	0,59	0,65
		d _{yx}	32,0	35,9	42,0
21	Довжина головного стебла і тип розвитку	r	0,69	0,69	0,69
		d _{yx}	48,0	48,0	48,0
22	Висота закладання першої китиці і тип розвитку	r	0,53	9,55	0,52
		d _{yx}	28,0	30,0	27,0
23	Сходи-цвітіння і сходи-достигання	r	0,57	0,64	0,72
		d _{yx}	32,0	41,0	52,0
24	Цвітіння-достигання і сходи-достигання	r	0,93	0,75	0,75
		d _{yx}	86,0	56,0	56,0
25	Вітамін С і забарвлення квітки	r	0,59	0,47	0,26
		d _{yx}	35,0	22,0	0,07
26	Вітамін С і інтенсивність зеленого забарвлення листя	r	0,45	0,44	0,34
		d _{yx}	20,0	19,0	12,0
27	Вітамін С і інтенсивність забарвлення зеленого плоду	r	0,75	0,59	0,27
		d _{yx}	56,0	35,0	7,0
28	Вітамін С і забарвлення плоду	r	0,52	0,46	0,23
		d _{yx}	27,0	21,0	5,0

Для встановлення частки впливу однієї ознаки на іншу в загальній дисперсії використали коефіцієнт детермінації d_{yx} , який рівний квадрату кореляції (r^2_{yx}) (Таблиця 4.2). Наприклад, у групи досліджуваних зразків

встановлено сильну обернену кореляцію між індексом плоду і кількістю камер ($r=-0,80$). Коефіцієнт детермінації становить: $d_{yx} = r^2_{yx} \cdot 100\% = (-0,80)^2 \cdot 100\% = 64,0$, тобто, лише у 64,0 % плодів індекс плоду буде залежати від кількості камер, а в 36,0 % випадків – від інших факторів, які не включені в дану модель ознак.

Окремо необхідно розглянути кореляції ознаки, за якою проводиться селекційна робота: «уміст лікопену в плодах» (Таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Достовірні коефіцієнти кореляції і детермінації для ознаки «уміст лікопену в плодах», 2021–2023 рр.

№ з/п	Пари ознак		2021	2022	2023
1	Лікопен і індекс плоду	r	0,43	0,38	0,38
		d_{yx}	18,0	14,0	14,0
2	Лікопен і камерність	r	-0,45	-0,32	-0,15
		d_{yx}	20,0	10,0	2,0
3	Лікопен і діаметр серцевини	r	-0,34	-0,35	-0,20
		d_{yx}	12,0	12,0	4,0
4	Лікопен і вітамін С	r	0,53	0,42	0,20
		d_{yx}	29,0	18,0	4,0
5	Лікопен і сходи-цвітіння	r	0,24	0,58	0,53
		d_{yx}	6,9	34,0	28,0
6	Лікопен і сходи-достигання	r	0,19	0,33	0,35
		d_{yx}	0,04	10,0	12,0
7	Лікопен і інтенсивність зеленого забарвлення листя	r	0,41	0,41	0,37
		d_{yx}	17,0	17,0	14,0
8	Лікопен і забарвлення квітки	r	0,40	0,40	0,51
		d_{yx}	16,0	16,0	26,0
9	Лікопен і інтенсивність забарвлення зеленого плоду	r	0,59	0,59	0,71
		d_{yx}	35,0	35,0	50,0
10	Лікопен і забарвлення плоду	r	0,56	0,56	0,54
		d_{yx}	31,9	31,0	29,0

Результати кореляційного аналізу виявили, що за більшістю ознак встановлено середній коефіцієнт кореляції. Найвищі значення отримано між умістом лікопену та інтенсивністю забарвлення зеленого плоду ($r = 0,59-0,71$). У 2023 році високе значення коефіцієнту кореляції ($r = 0,71$), середнє між умістом лікопену і забарвленням плоду ($r = 0,54-0,56$); умістом лікопену і

періодом «сходи–цвітіння» ($r = 0,53-0,58$), умістом лікопену і вмістом вітаміну С ($r = 0,42-0,53$) за два роки досліджень. Помірний кореляційний зв'язок виявлено між умістом лікопену та індексом плоду ($r = 0,38-0,43$), умістом лікопену та інтенсивністю зеленого забарвлення листа ($r = 0,37-0,41$).

Достовірні обернені помірні кореляційні зв'язки встановлено між умістом лікопену і камерністю ($r = -0,32-(-0,45)$), умістом лікопену і діаметром серцевини ($r = -0,34-(-0,35)$).

Отже, проаналізувавши коефіцієнт детермінації між умістом лікопену та інтенсивністю забарвлення зеленого плоду, що становить: $d_{yx} = r^2_{yx} \cdot 100\% = (0,71)^2 \cdot 100\% = 50,0$, то виявимо, що лише у 50,0 % плодів уміст лікопену буде залежати від інтенсивності забарвлення зеленого плоду, а в 50,0 % випадків – від інших факторів, які не включені в дану модель ознак.

РОЗДІЛ 5

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ГЕНОТИПІВ ТА ОЗНАК ПОМІДОРА

5.1 Кластеризація генотипів помідора

Важливим етапом роботи при аналізі вихідного матеріалу є його класифікація на основі інформаційних ознак. Кластеризацію проводили методом к-середніх, методу, метою якого є поділ m спостережень на k кластерів, при цьому кожне спостереження належить до того кластера, до центра якого воно найближче. Як міру близькості використовували Евклідову відстань [40].

Проведена класифікація тридцяти шести сортів, ліній і зразків методом кластерного аналізу виявила, що Евклідова відстань коливалася в межах від нуля до шістнадцяти. Проаналізувавши верхню третину дендрограми, встановили кількість точок перетину з лінією, яку провели у верхній третині дендрограми встановили, що всі досліджувані генотипи групуються у п'ять кластерів, а у 2023 році – у чотири (Рисунки 5.1–5.3).

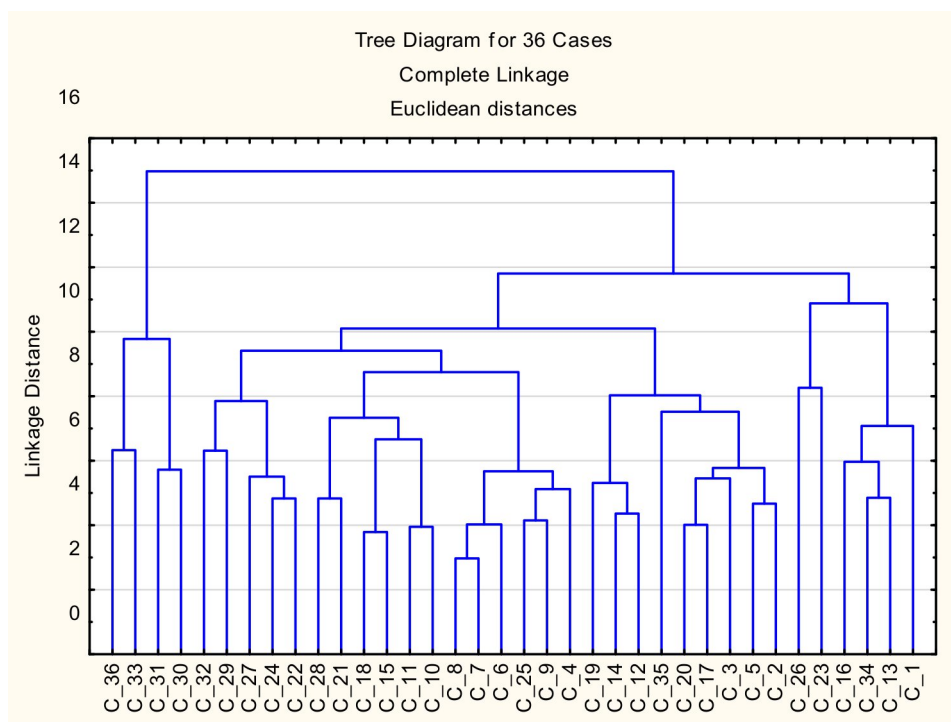


Рисунок 5.1 – Графік для встановлення кількості кластерів у генотипів помідора, 2021 р.

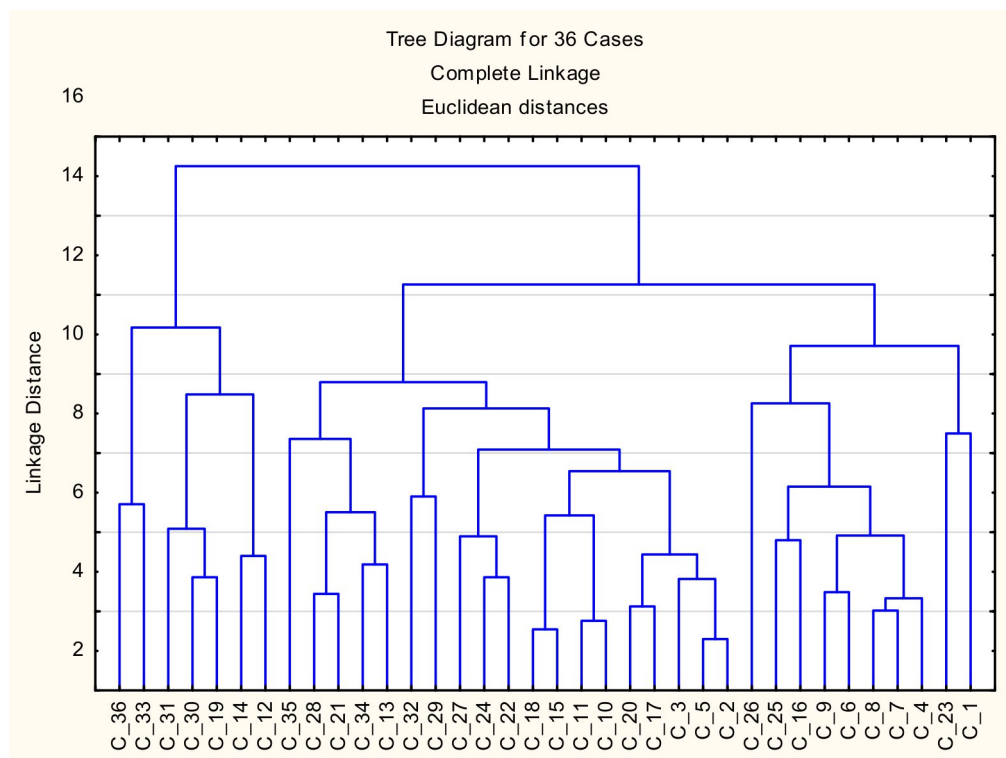


Рисунок 5.2 – Графік для встановлення кількості кластерів в генотипів помідора, 2022 р.

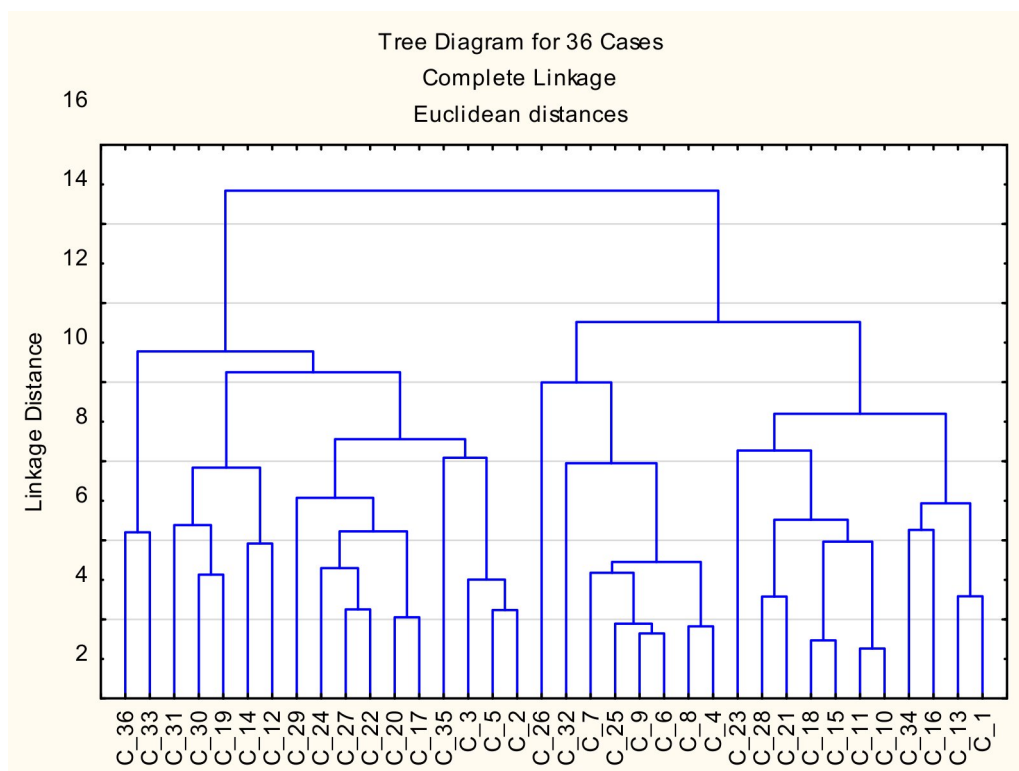


Рисунок 5.3 – Графік для встановлення кількості кластерів в генотипів помідора, 2023 р.

Після проведеної стандартизації емпіричних даних отримали графік середніх значень (Рисунок 5.4).

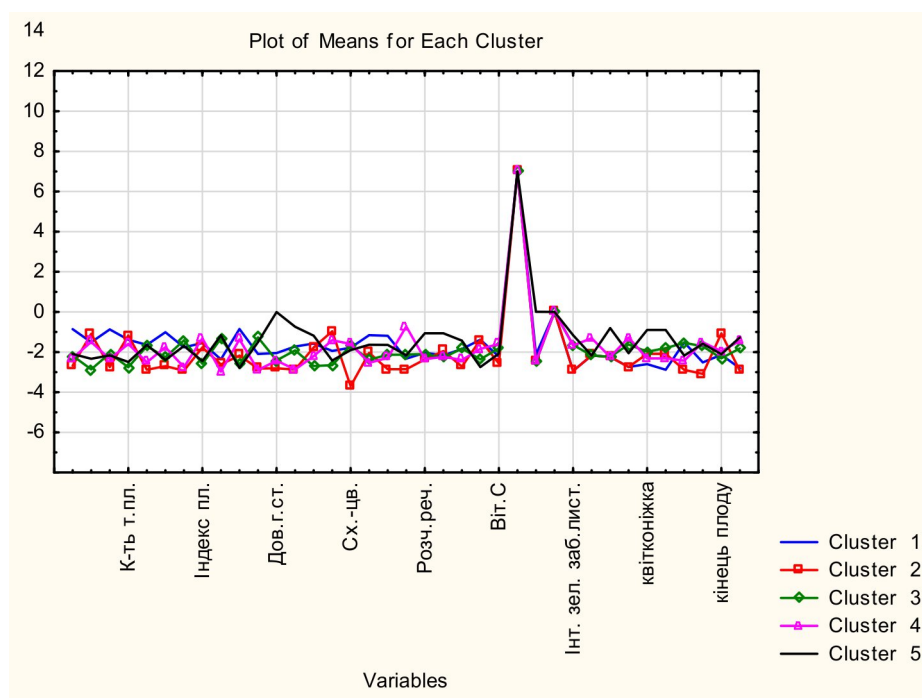


Рисунок 5.4 – Графік середніх значень за кластерами (після стандартизації), генотипи, 2021 р.

В основному, належність генотипу до певного кластера зумовлена такими ознаками: «середня маса товарного плоду», «довжина головного стебла», «індекс плоду», тобто, відношення висоти плоду до його діаметра; «кількість насіннєвих камер», «тривалість періоду «сходи–достигання», «продуктивність», а також біохімічними показниками: «умістом лікопену», «умістом сухої розчинної речовини», «умістом вітаміну С» у плодах.

Встановлено, що перший кластер налічує сім зразків: №6 (С 6), № 9 (С 9), Grand Canjon (С 16), Авюри (С 32), сорти Спалах (С 25), Морозенко (С 30) і Сніговик (С 31). Зразки першого кластера характеризувались найвищою продуктивністю, середньою величиною товарного плоду, високим умістом сухої розчинної речовини (до кластера входять два сорти для тривалого зберігання плодів) та найвищим умістом м'якоті у соку. Типовий представник цього кластера зразок №6 (С 6) селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН»

з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,574). Зразок №6 має тривалість періоду «сходи–достигання» 102 доби, високу продуктивність в богарних умовах 1,34 кг, кількість плодів на рослині 16,0, середню масу товарного плоду 95 г, індекс плоду 1,2; плід містив 2–3 камери, довжина головного стебла 58,5 см, уміст лікопену у плодах $3,01 \pm 1,36$ мг/100, уміст сухої розчинної речовини 6,35 %, м'якоті у соку 52,7 %.

Другий кластер налічує п'ять зразків: сорти Голтянський (С 1) і СХ 2 (С 13), зразки PU-74-43 (С 21), La 1996 (С 28), добір з Радісного (С 34). Для зразків другого кластера характерні скорочена тривалість періоду «сходи–достигання», найменша довжина головного стебла, найменша маса товарного плоду, найнижчі уміст лікопену в плодах, сухої розчинної речовини та вітаміну С. Типовий представник другого кластера сорт СХ 2 селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,581). Сорт має невелику масу товарного плоду 54,7 г, індекс плоду 1,23, довжину головного стебла 43,73 см, скорочену тривалість періоду «сходи–достигання» 97 діб, уміст лікопену в плодах 3,2 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 4,9 %.

Третій кластер налічує одинадцять зразків: №2 (С 2), № 3 (С 3), №5 (С 5), Товстий Джек (С 12),), МО 112 (С 17), Джина (С 19), лінії № 289 (С 14), №283 (С 15), №280 (С 18), ЛК 490 (С 20), Настенька (С 35). Ознаками, які найкраще характеризують третій кластер є: найменша кількість плодів на рослині і, відповідно, найбільша середня маса товарного плоду, найбільша кількість камер, найвищий уміст вітаміну С. Типовий представник цього кластера зразок №5 (С 5) селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,528). Зразок має найменшу кількість плодів на рослині 12, велику середню масу товарного плоду 106,9 г, індекс плоду 0,86, п'ять камер, довжину головного стебла 54,31 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 109 діб, уміст лікопену в плодах 5,58 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 5,52 %, вітаміну С 33,49 мг/100 г.

Четвертий кластер налічує сім зразків: сорти Росинка (С 11), Багрянець (С 26), Променистий (С 8), лінії ЛК 4 (С 4), ЛК 10 (С 10) та зразки Мориока 20 (С 23) і №7 (С 7). Зразки четвертого кластеру мають індекс плоду більше 1, підвищений уміст лікопену в плодах, високий уміст вітаміну С; плід має інтенсивне забарвлення зеленого плоду, за досягання темно-червоне. Типовий представник сорт Променистий (С 8) селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками 0,457. Сорт має загальну продуктивність 1,3 кг, середню масу товарного плоду 78,15 г, індекс плоду 1,14, дві-три камери, тривалість періоду «сходи-досягання» 103 доби, уміст лікопену 5,66 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 5,31 %; уміст вітаміну С 32,0 мг/100 г.

П'ятий кластер налічує шість зразків: Manaral (С 22), Dark green (С 24), Т-3627 (С 27), Сині (С 28), Чорний принц (С 33) та Изумрудное яблуко (С 36). Представники п'ятого кластеру мають найдовшу довжину головного стебла (усі зразки мають індетермінантний тип гілкування пагонів), підвищений уміст лікопену та сухої розчинної речовини в плодах. Більш віддалено знаходяться зразки Чорний принц (С 33) та Изумрудное яблуко (С 36). Для них характерні фасціація першої квітки, велика ребристість і досить велика середня маса товарного плоду. Через своє забарвлення містять мало лікопену в плодах. Типовий представник кластера зразок Т-3627 (С 27) з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,665). Зразок Т-3627 має загальну продуктивність 0,92 кг, середню масу товарного плоду 73,24 г, індекс плоду 1,1, три-чотири камери, довжину головного стебла 118,21 см, тривалість періоду «сходи-досягання» 102 доби, уміст лікопену 8,28 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 7,39 %; уміст вітаміну С 31,25 мг/100 г.

У 2022 році розміщення сортів дещо змінилося. Перший кластер налічував сім зразків: сорти Сніговик (С 31) і Морозенко (С 30), лінія 289 (С 14), зразки Товстий Джек (С 12), Джина (С 19), Чорний принц (С 33) та Изумрудное яблуко (С 36) (Рисунок 5.5).

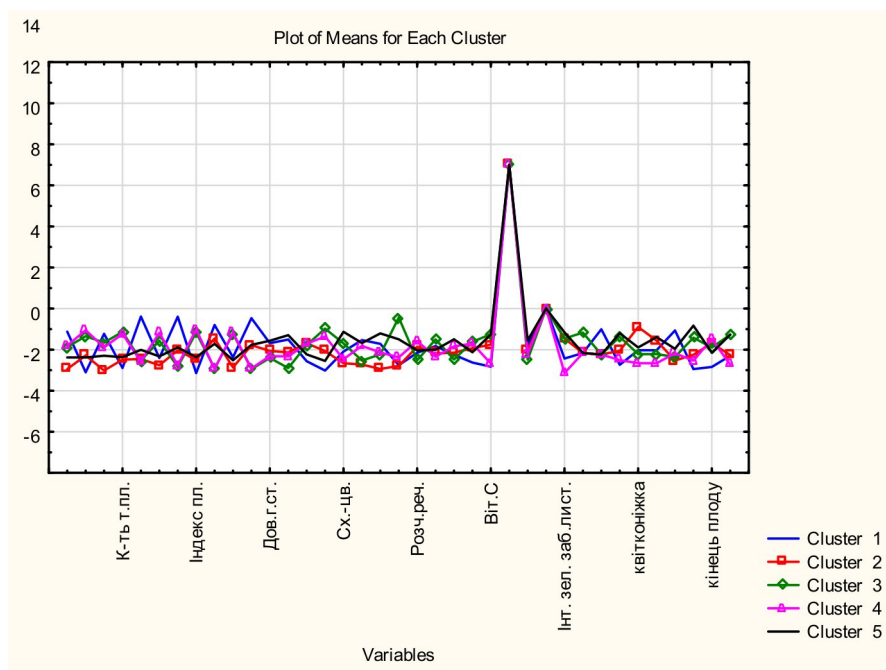


Рисунок 5.5 – Графік середніх значень за кластерами (після стандартизації), генотипи, 2022 р.

Перший кластер найкраще характеризують: найменша кількість плодів на рослині і, відповідно, найбільша середня маса товарного плоду, найбільша кількість камер, найнижчий уміст лікопену та вітаміну С в плодах. Типовий представник кластера зразок Джина (С 19) з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,659). Зразок Джина має загальну продуктивність 1,39 кг, кількість плодів на рослині 11, середню масу товарного плоду 119,36 г, індекс плоду 0,89, чотири–п’ять камер, довжину головного стебла 51,9 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 107 діб, уміст лікопену 2,07 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 5,21 %; уміст вітаміну С 21,17 мг/100 г

До другого кластера відноситься шість зразків: лінії №283 (С 15), №289 (С18), зразки PU-74-43 (С 21), La 1996 (С 28), Сині (С 29), Настенька (С 35). Для зразків другого кластера характерні: невелика середня маса товарного плоду, невисокий уміст лікопену в плодах (до складу кластера входив також зразок з рожевим забарвленням плоду за досягання), підвищений уміст сухої розчинної речовини та вітаміну С. За характером гілкування стебла

зустрічаються як детермінантні, так і індетермінантні зразки. Типовий представник другого кластера лінія №283 (С 15), селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» (0,549). Зразок має невелику масу товарного плоду 69,37 г, на рослині 18 плодів, індекс плоду 0,89, чотири–п'ять камер, довжину головного стебла 49,0 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 102 доби, уміст лікопену в плодах 2,66 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 6,15 %, вітаміну С 27,89 мг/100 г.

До третього кластера увійшли шість зразків: сорти Багрянець (С 26), Променистий (С 8) і Росинка (С 11), лінії ЛК 4 (С 4) і ЛК 10 (С 10), зразок Могіока 20 (С 23). Кластер характеризується найменшою середньою масою товарного плоду; плід має велике відношення довжини до ширини, малу кількість камер, найвищий уміст лікопену та вітаміну С в плодах. Типовим представником є лінія ЛК 4 (С 4) селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,480). Продуктивність 1,04 кг, середня маса товарного плоду 61,0 г, кількість плодів на рослині 14, індекс плоду 1,29, дві–три камери, довжина головного стебла 59,5 см; тривалість періоду «сходи–достигання» 109 діб, уміст лікопену в плодах 7,19 мг/100 г, сухої розчинної речовини 5,73 %, вітаміну С 31,62 мг/100 г. Четвертий

кластер складається з дев'яти зразків: сорти Голтянський (С 1), СХ 2 (С 13) та Спалах (С 25), зразки №6 (С 6), № 7 (С 7), №9 (С 9), Grand Canjon (С 16), Авюри (С 32), добір з Радісного (С 34). Зразки четвертого кластера мають найбільший індекс плоду, високий уміст сухої розчинної речовини; зразки мали квітконіжку без зчеплення та відсутнє зелене плеча на плоді перед достиганням. Типовим представником є зразок №9 (С 9) селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,529). Зразок №9 має продуктивність 1,19 кг, середню масу товарного плоду 68,26 г, індекс плоду 1,32, дві–три камери, довжину головного стебла 63,5 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 110 діб, уміст лікопену 4,05 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 6,36 %, уміст вітаміну С 29,76 мг/100 г.

П'ятий кластер налічує п'ять зразків: зразки №2 (С 2), №3 (С 3), №5 (С 5), МО 112 (С 17), Manapal (С 22), Dark green (С 24), Т-3627 (С 27) і лінія ЛК 490 (С 20). Зразки п'ятого кластеру мали круглу форму плоду, найдовшу тривалість періоду «сходи–достигання», найвищий уміст сухої розчинної речовини, інтенсивне забарвлення зеленого плоду, темно–червоне забарвлення плоду за достигання. Типовий представник зразок МО 112 (С 17) з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,509). Продуктивність 1,19 кг, середня маса товарного плоду 75,52 г, індекс плоду 0,98 кількість плодів на рослині 17, довжина головного стебла 64,19 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 118 діб, уміст лікопену 5,89 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 6,86 %, уміст вітаміну С 25,65 мг/100 г. Зразок має інтенсивне забарвлення зеленого плоду, темно–червоне – за достигання.

У 2023 році нами встановлено чотири кластери генотипів (Рисунок 5.3). Перший кластер налічує десять зразків: сорти Променистий (С 8), Спалах (С 25), Багрянець (С 26), Морозенко (С 30), Сніговик (С 31), лінія ЛК 4 (С 4), зразки № 6 (С 6), № 7 (С 7), № 9 (С 9), Авюри (С 32). Зразки першого кластера мали найвищу продуктивність, найменшу кількість плодів на рослині, найбільшу середню масу товарного плоду, найбільше відношення висоти до ширини, (індекс плоду), малу кількість камер, найбільшу довжину головного стебла, найвищий уміст лікопену у плодах, найвищий уміст сухої розчинної речовини (Рисунок 5.6). Типовий представник цього кластера сорт Спалах селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,479). Сорт Спалах мав продуктивність 1,7 кг, середню масу товарного плоду 93,07 г, індекс плоду 1,42, дві–три камери, довжину головного стебла 70,38 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 115 діб, уміст лікопену у плодах 5,91 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 6,55 %, уміст вітаміну С 21,17 мг/100 г.

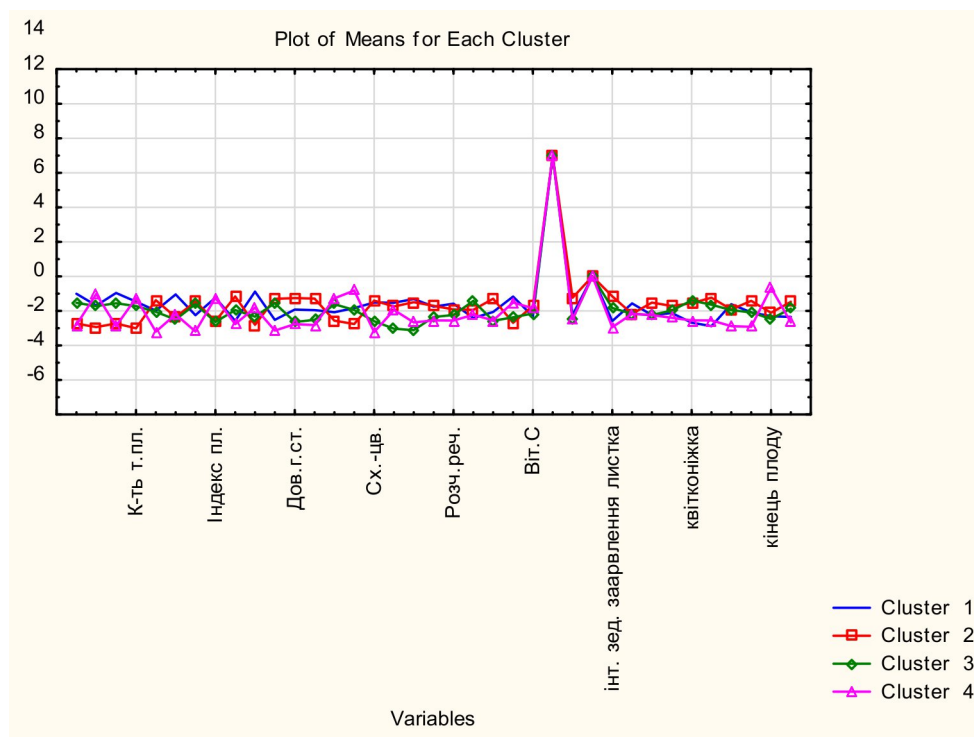


Рисунок 5.6 – Графік середніх значень за кластерами (після стандартизації), генотипи, 2023 р.

Другий кластер налічує дванадцять зразків: №2 (С 2), № 3 (С 3), №5 (С 5), МО 112 (С 17), Manaral (С 22), Dark green (С 24), Т-3627 (С 27), Сині (С 29), Настенька (С 35), Чорний принц (С 33), Изумрудное яблоко (С 36) та ЛК 490 (С 20). Зразки другого кластера мали велику довжину головного стебла, переважно круглу форму плоду, найдовшу тривалість періоду «сходи–достигання», найвищий уміст вітаміну С, інтенсивне забарвлення зеленого плоду. Типовий представник зразок МО 112 (С 17) з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,590). Зразок МО 112 мав продуктивність 1,23 кг, середню масу товарного плоду 87,19 г, індекс плоду 0,99, кількість плодів на рослині 16, довжину головного стебла 66,4 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 117 діб, уміст лікопену 4,32 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 6,52 %, уміст вітаміну С 29,01 мг/100 г; інтенсивне забарвлення зеленого плоду.

Третій кластер налічує вісім зразків: сорт Росинка (С 11), лінії ЛК 10 (С 10), № 289 (С 14), №283 (С 15), №280 (С 18), зразки Товстий Джек (С 12), Джина (С 19), La 1996 (С 28). Зразки третього кластера мали найменшу кількість плодів на рослині, велику середню масу товарного плоду, середню кількість камер та найвищий уміст вітаміну С в плодах. Типовий представник третього кластера лінія № 289 (С 14), селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,554). Лінія № 289 мала продуктивність 1,37 кг, середню масу товарного плоду 86,07; кількість плодів на рослині 19, індекс плоду 0,89, чотири камери, довжину головного стебла 46,8 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 96 діб, уміст лікопену 3,16 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 5,21 %, уміст вітаміну С 29,01 мг/100 г.

Четвертий кластер складається з шести зразків: сорти Голтянський (С 1) і СХ 2 (С 13), зразки PU-74-43 (С 21), Могіока 20 (С 23), добір з Радісного (С 34), Grand Canjon (С 16). Зразки четвертого кластера мають найменшу довжину головного стебла, найменшу середню масу товарного плоду, велике значення індексу плоду, найбільшу кількість плодів на рослині, найнижчий уміст лікопену в плодах. Типовий представник другого кластеру сорт СХ 2 селекції Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» з сумою Евклідових відстаней між зразками (0,471). Сорт СХ 2 мав продуктивність 1,35 кг, велику кількість плодів на рослині – 30, середню масу товарного плоду 57,82 г, індекс плоду 1,34, дві камери, довжину головного стебла 45,69 см, тривалість періоду «сходи–достигання» 101 добу, уміст лікопену 2,01 мг/100 г, уміст сухої розчинної речовини 5,21, уміст вітаміну С 23,41 мг/100 г в плодах.

Дослідження тридцяти шести генотипів помідора в багатомірному просторі за двадцять чотирма кількісними та тринадцять якісними ознаками дозволило нам класифікувати їх на п'ять кластерів, у 2023 році – на чотири.

5.2 Кластеризація ознак помідора

Проведена класифікація двадцяти чотирьох кількісних і тринадцяти якісних ознак методом кластерного аналізу виявила, що Евклідова відстань коливалася в межах від нуля до шістдесяти. Проаналізувавши верхню третину дендрограми, дійшли висновку, що так виділяється лише два кластери, серед яких – кластер–солітер. Тому аналізували кількість точок перетину з лінією на нижчому рівні, де встановили чотири кластери (Рисунок 5.7–5.9).

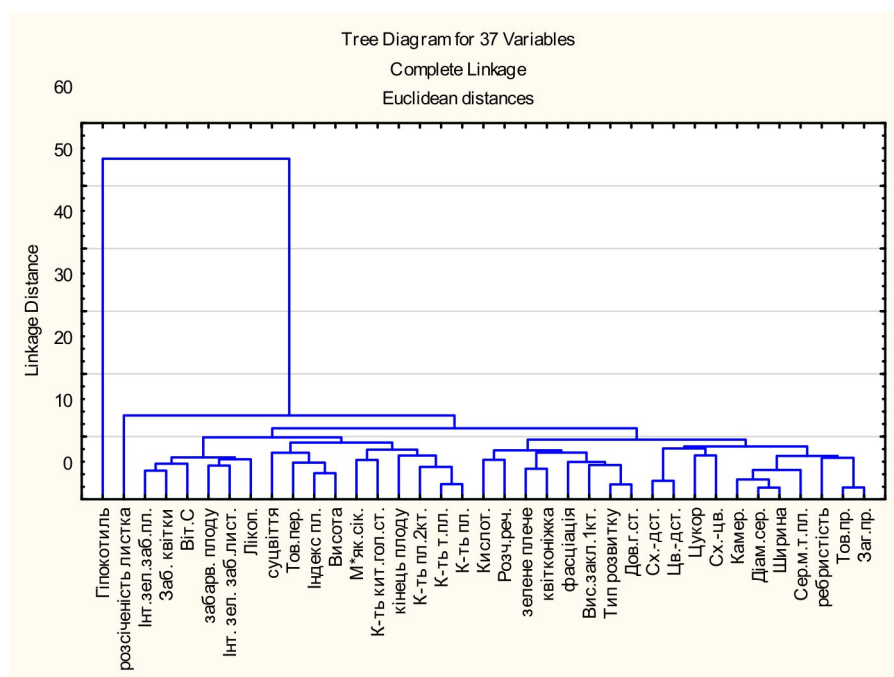


Рисунок 5.7 – Графік для встановлення кількості кластерів в ознак помідора,
2021 р.

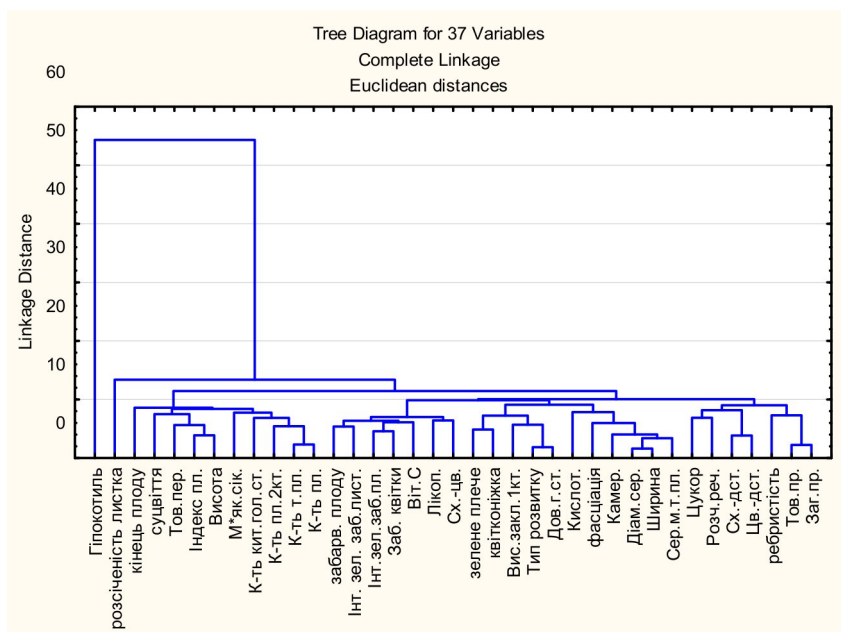


Рисунок 5.8 – Графік для встановлення кількості кластерів в ознак помідора, 2022 р.

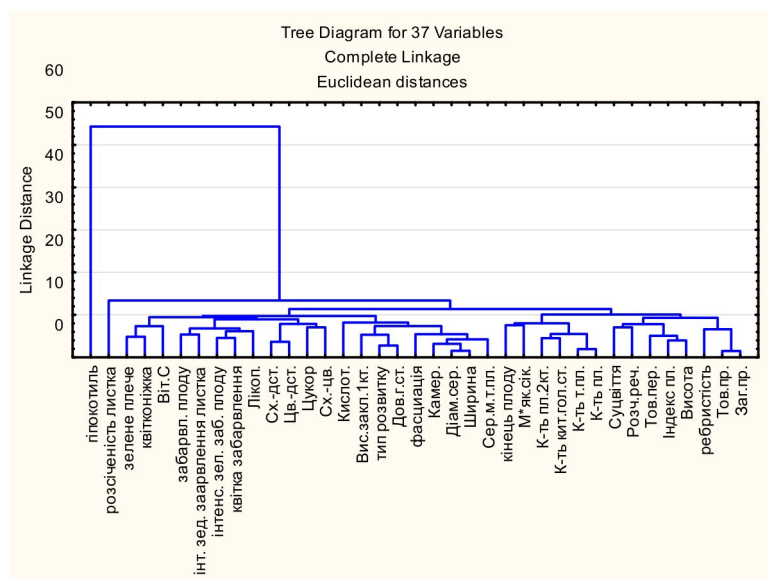


Рисунок 5.9 – Графік для встановлення кількості кластерів в ознак помідора, 2023 р.

Після проведеної стандартизації емпіричних даних отримали графік середніх значень (Рисунок 5.10).

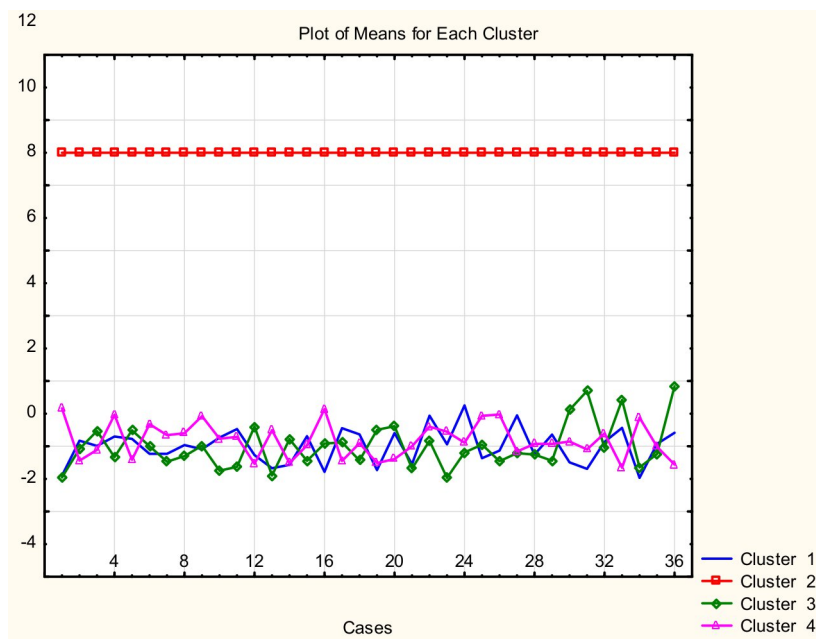


Рисунок 5.10 – Графік середніх значень за кластерами (після стандартизації), ознаки, 2021 р.

Перший кластер налічує чотирнадцять ознак, серед яких ознака «уміст лікопену в плодах». До першого кластера також увійшли ознаки: «інтенсивність забарвлення зеленого плоду», «забарвлення плоду за досягання», «інтенсивність зеленого забарвлення листя», «забарвлення квітки», «зелене плече на плоді перед досяганням», «довжина головного стебла», «тривалість періоду «сходи–цвітіння», «уміст сухої розчинної речовини» в плодах, «уміст цукру», «уміст вітаміну С», «тип розвитку», «відокремлюючий шар біля квітконіжки». Необхідно відмітити, що саме з представниками першого кластера виявлено достовірні показники коефіцієнта кореляції Спірмена: між умістом лікопену та інтенсивністю забарвлення зеленого плоду ($r = 0,59-0,71$), у 2023 році високе значення коефіцієнту кореляції ($r = 0,71$), середні між умістом лікопену і забарвленням плоду ($r = 0,54-0,56$), між умістом лікопену і періодом «сходи–цвітіння» ($r = 0,53-0,58$) за два роки досліджень, умістом лікопену і вмістом вітаміну С ($r = 0,42-0,53$)

за два роки досліджень; помірні – між умістом лікопену та інтенсивністю зеленого забарвлення листа ($r = 0,37-0,41$).

Другий кластер – це кластер-солітер, ознака паростка, наявність антоціанового забарвлення гіпокотилія.

Третій кластер налічує одинадцять ознак: «загальна продуктивність», «товарна продуктивність», «середня маса товарного плоду», «діаметр плоду», «кількість насіннєвих камер», «діаметр серцевини», «висота закладання першої китиці», «тривалість періоду «цвітіння–достигання»», «тривалість періоду «сходи–достигання»», «фасціація і ребристість» плоду.

Четвертий кластер налічує одинадцять ознак: «кількість плодів», «кількість товарних плодів», «висота та індекс плоду», «товщина перикарпію», «кількість китиць на головному стеблі», «кількість плодів на другій китиці», «уміст м'якоті у соку», «розсіченість листя», «тип суцвіття за гілкуванням», «кінець плоду».

Після проведеної стандартизації емпіричних даних отримали графік середніх значень за 2022 рік (Рисунок 5.11).

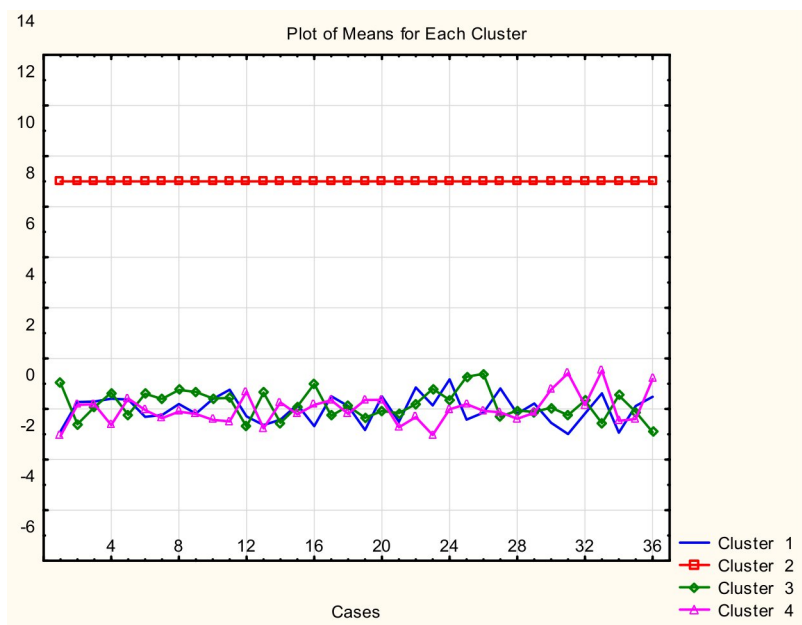


Рисунок 5.11 – Графік середніх значень за кластерами (після стандартизації), ознаки, 2022 р.

Перший кластер налічує тринадцять ознак, серед яких ознака «уміст лікопену в плодах». До першого кластера увійшли також такі ознаки: «інтенсивність забарвлення зеленого плоду», «забарвлення плоду», «інтенсивність зеленого забарвлення листя», «забарвлення квітки», «зелене плече на плоді перед досяганням», «довжина головного стебла», «тривалість періоду «сходи–цвітіння»», «уміст цукру», «уміст вітаміну С» в плодах, кислотність, тип розвитку, «відокремлюючий шар біля квітконіжки». Порівняно з попереднім роком, з першого кластеру до четвертого перемістилася ознака «уміст сухої розчинної речовини». Д р у г и й кластер – це кластер–солітер, ознака паростка, наявність антоціанового забарвлення гіпокотилля.

Третій кластер налічує одинадцять ознак: «кількість плодів», «кількість товарних плодів», «висота та індекс плоду», «товщина перикарпію», «кількість китиць на головному стеблі», «кількість плодів на другій китиці», «уміст м'якоті у соку», «розсіченість листя», «тип суцвіття», «кінець плоду».

Четвертий кластер містить дванадцять ознак: «загальна продуктивність», «товарна продуктивність», «середня маса товарного плоду», «ширина (діаметр) плоду», «кількість насіннєвих камер», «діаметр серцевини», «висота закладання першої китиці», «тривалість періодів «цвітіння–досягання» та «сходи–досягання»», «фасціація і ребристість плоду». До цього кластера перейшла ознака «уміст сухої розчинної речовини». Загалом, четвертий кластер помінявся місцями з третім, порівняно з попереднім роком.

Після проведеної стандартизації емпіричних даних отримали графік середніх значень за 2023 рік (Рисунок 5.12).

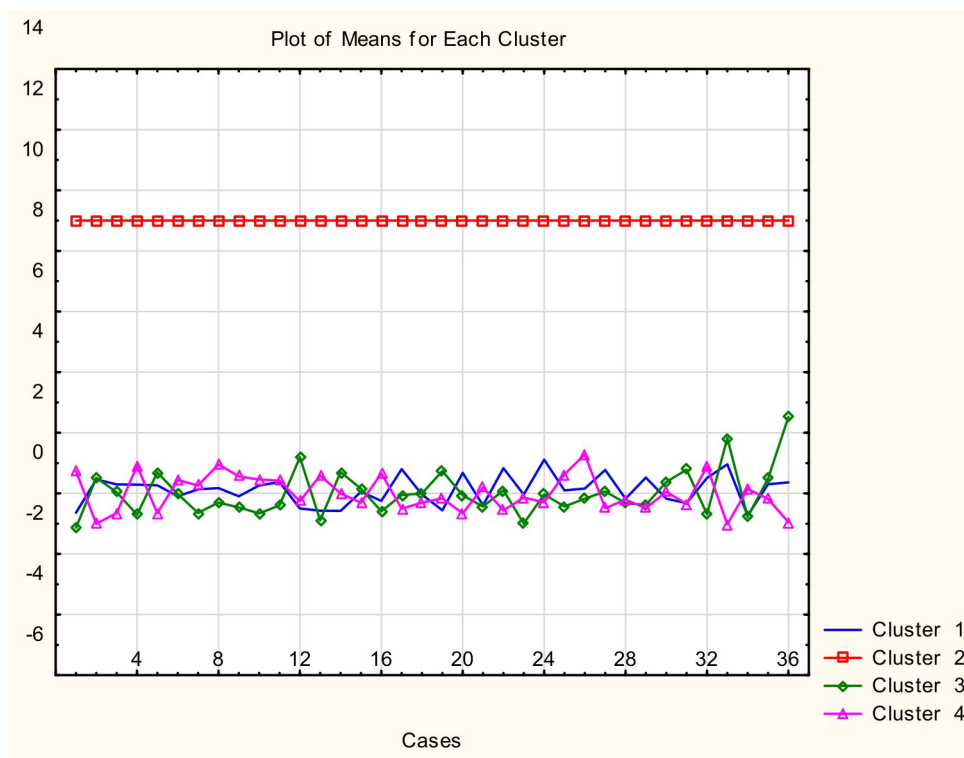


Рисунок 5.12– Графік середніх значень за кластерами (після стандартизації), ознаки 2023 р.

До першого кластера увійшло сімнадцять ознак: «уміст лікопену в плодах», «інтенсивність забарвлення зеленого плоду», «забарвлення плоду за досягання», «інтенсивність зеленого забарвлення листя», «забарвлення квітки», «зелене плече на плоді перед досяганням», «довжина головного стебла», «тривалість періодів «сходи–цвітіння», «цвітіння–досягання» та «сходи–досягання», «уміст цукру», «уміст вітаміну С», «уміст сухої розчинної речовини», «тип розвитку», «відокремлюючий шар біля квітконіжки», «висота закладання першої китиці» і «розсіченість листя».

Другий кластер – це кластер–солітер, ознака паростка, наявність антоціанового забарвлення гіпокотилі.

У третьому кластері сім ознак: «середня маса товарного плоду», «ширина (діаметр) плоду», «кількість насіннєвих камер», «діаметр серцевини», «кислотність», «фасція і ребристість плоду».

Четвертий кластер налічує дванадцять ознак: «загальна продуктивність», «товарна продуктивність», «кількість плодів», «кількість товарних плодів», «висота та індекс плоду», «товщина перикарпію», «кількість китиць на головному стеблі», «кількість плодів на другій китиці», «уміст м'якоті у соку», «тип суцвіття», «форма кінця плоду».

Отже, вивчення двадцяти чотирьох кількісних та тринадцяти якісних ознак у тридцяти шести генотипів помідора в багатомірному просторі дало можливість нам класифікувати їх на чотири кластери. Необхідно відмітити, що до одного кластера з ознакою «уміст лікопену в плодах», за якою проводиться селекційна робота за весь період досліджень також увійшли ознаки: «інтенсивність забарвлення зеленого плоду», «забарвлення плоду за досягання», «інтенсивність зеленого забарвлення листя», «забарвлення квітки», «тривалість періоду «сходи–цвітіння», що дозволить у подальшому проводити добори на початкових етапах селекційного процесу саме за даними ознаками. Належність ознаки «уміст вітаміну С» до першого кластера дасть можливість скоротити кількість проведення біохімічних аналізів за іншими ознаками.

РОЗДІЛ 6

АДАПТИВНА ЗДІТНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ ГЕНОТИПІВ ПОМІДОРА

Одним з основних критеріїв господарської цінності нових сортів є їх високий адаптивний потенціал. Створення сортів з високим рівнем адаптації до умов навколишнього середовища – важливий напрям селекції [8]. Встановлення реакції сортів на зміну екологічних умов дозволяє виділити цінні зразки, які забезпечують високий стабільний рівень урожайності та якісних показників.

Оцінка важливих господарських ознак селекційного матеріалу за параметрами адаптивності і стабільності є необхідною умовою для добору високоадаптивних форм [2, 42].

Додатковими критеріями, що використовують для визначення адаптивності генотипів, є загальна та специфічна адаптивні здатності, стабільність і пластичність. Адаптивна здатність – це властивість генотипу підтримувати характерний для нього фенотиповий прояв ознаки у певних умовах середовища. Загальна адаптивна здатність генотипу (ЗАЗ) характеризує середнє значення ознаки у різних умовах середовища, а специфічна адаптивна здатність (САЗ) – відхилення від ЗАЗ у певному середовищі. Стабільність це здатність генотипу підтримувати певний фенотип у різних умовах вирощування, а пластичність – реакція генотипу на зміну умов середовища, що проявляється в фенотиповій мінливості. Вона характеризує варіювання ознаки у результаті взаємодії генотипу і середовища [43]. Дослідження генотипів нами проведено в непередбачуваних умовах середовища (роки), тому зменшити фенотипову мінливість популяції можливо лише добором на ЗАЗ з урахуванням стабільності.

6.1 Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за ознакою «уміст лікопену в плодах помідора»

Дисперсійний аналіз двофакторного польового дослідження за вмістом лікопену у плодах помідора виявив достовірні відмінності між генотипами, середовищами та ефектами взаємодії генотипу з середовищем, що дало нам можливість перейти до обрахунку показників адаптивної здатності та екологічної стабільності. Найбільші ефекти загальної адаптивної здатності (V_i) мали сорт Багрянець (3,78) і Росинка (3,99); лінія ЛК 4 (3,62); зразки Могіока 20 (3,88); №2 (3,39); Т-3627 (3,09) (Таблиця 6.1).

Усі вказані зразки відрізнялися підвищеним вмістом лікопену у плодах – 8,46; 8,35; 8,09; 7,86, 7,56 і 8,25 мг/100г, відповідно. За специфічною адаптивною здатністю ($\sigma^2\text{CACS}_i$) виділилися зразки Могіока 20 (10,10); №2 (6,48), лінія №283 (6,21). Найвищу відносну стабільність генотипу (S_{gi}) за роки досліджень проявили: зразок Manaral (1,35), сорти Багрянець (4,80) і Спалах (9,91); лінії ЛК 10 (11,74) і ЛК 4 (14,42). Сорт Голтянський (4,00) і зразок Джина (10,76) забезпечать стабільно низький вміст лікопену у плодах. Найменшою стабільністю відрізнялися лінія №283 (61,29) і зразок №7 (40,00). Такі зразки не забезпечать гарантованого високого вмісту лікопену в плодах помідора у будь-який рік випробування.

Таблиця 6.1 – Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за вмістом лікопену у плодах, 2021–2024 рр.

№ з/п	Назва сортотразка	X сер, мг/100 г	V _i	σ ² CAC _i	Sg _i , %	b _i	СЦГ _i
1.	Голтянський	2,66±0,12	-1,81	0,02	4,60	0,64	2,40
2.	№2	7,86±2,55	3,39	6,48	32,37	10,84	2,51
3.	№3	6,44±2,00	1,97	4,01	31,07	10,26	2,23
4.	ЛК 4	8,08±1,17	3,62	1,36	14,42	-2,82	5,63
5.	№5	6,25±1,71	1,78	2,94	27,44	7,99	2,64
6.	№6	4,25±0,97	-0,22	0,95	22,94	2,57	2,20
7.	№7	4,89±1,96	0,42	3,83	40,00	4,83	0,78
8.	Променистий	6,58±1,36	2,11	1,85	20,69	4,47	3,71
9.	№9	4,94±1,04	0,47	1,09	21,12	-1,01	2,75
10.	ЛК 10	6,76±0,79	2,29	0,63	11,74	4,14	5,09
11.	Росинка	8,46±1,81	3,99	3,29	21,45	5,51	4,64
12.	Товстий Джек	2,67±0,93	-1,80	0,87	34,93	0,26	0,71
13.	СХ 2	2,59±0,71	-1,88	0,51	27,54	0,26	1,09
14.	Лінія №289	3,30±0,20	-1,17	0,04	6,13	0,00	2,87
15.	Лінія №283	4,07±2,49	-0,40	6,21	61,29	-9,89	-1,17
16.	Grand Canjon	4,77±1,66	0,30	2,77	34,90	8,61	1,27
17.	МО 112	5,05±0,98	0,58	0,96	19,44	0,52	2,98
18.	Лінія №280	3,07±0,52	-1,40	0,27	17,05	-2,11	1,97
19.	Джина	1,90±0,20	-2,57	0,04	10,76	-0,30	1,47
20.	Лінія ЛК 490	4,19±0,97	-0,28	0,94	23,12	4,11	2,15
21.	PU-74-43	2,86±0,66	-1,61	0,43	22,88	-2,58	1,49
22.	Manapal	4,16±0,06	-0,31	0,00	1,35	-0,06	4,04
23.	Morioka 20	8,35±3,18	3,88	10,10	38,06	-4,31	1,67
24.	Dark green	5,18±2,10	0,71	4,39	40,49	9,74	0,77
25.	Спалах	5,95±0,59	1,48	0,35	9,91	-1,90	4,71
26.	Багрянець	8,25±0,40	3,78	0,16	4,80	0,81	7,41
27.	T-3627	7,56±1,44	3,09	2,07	19,05	6,15	4,53
28.	La 1996	2,06±0,55	-2,41	0,30	26,75	2,79	0,90
29.	Сині	2,22±0,60	-2,25	0,35	26,86	1,60	0,97
30.	Морозенко	2,23±0,50	-2,24	0,25	22,48	1,84	1,18
31.	Сніговик	1,97±0,29	-2,50	0,08	14,48	1,34	1,37
32.	Авюри	3,05±0,59	-1,42	0,35	19,46	-0,38	1,80
33.	Чорний принц	3,13±0,94	-1,34	0,89	30,11	4,27	1,15
34.	Добір з Радісного	1,41±0,43	-3,06	0,19	30,75	0,58	0,50
35.	Настенька	2,51±0,78	-1,96	0,61	31,04	3,35	0,87
36.	Изумрудное яблоко	1,26±0,44	-3,21	0,19	34,82	0,00	0,34

Виходячи з величини коефіцієнта регресії (b_i), у даному наборі ліній, сортів і гібридів найкраще реагують на покращення умов середовища зразки №2 (10,84), №3 (10,26), Dark green (9,74), Grand Canjon (8,61), №5 (7,99). Для того, щоб одночасно відібрати зразки за параметрами загальної адаптивної здатності і стабільності нами визначена селекційна цінність генотипів ($СЦГ_i$). Найкращими генотипами, для яких характерний високий уміст лікопену в плодах і стабільність є сорти Багрянець (7,41), Спалах (4,71) і Росинка (4,64); лінії ЛК 4 (5,63); ЛК 10 (5,09).

6.2 Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за ознакою «продуктивність рослин помідора»

Дисперсійний аналіз двофакторного польового дослідження за продуктивністю рослин помідора виявив достовірні відмінності між генотипами, середовищами та ефектами взаємодії генотипу з середовищем, що дало нам можливість перейти до обрахунку показників адаптивної здатності та екологічної стабільності. Найбільші ефекти загальної адаптивної здатності (V_i) мали сорти Сніговик (0,59), Морозенко (0,34), Променистий (0,17) та лінія ЛК 4 (0,13); зразки Товстий Джек (0,39); №6 (0,13) (Таблиця 6.2).

Усі вказані зразки відрізнялися високою продуктивністю – 1,76; 1,30 і 1,56; 1,51; 1,34; 1,30; 1,30 кг, відповідно. За специфічною адаптивною здатністю (σ^2CASC_i) виділилися сорти Спалах (0,19), Променистий (0,25), лінія ЛК 4 (0,26) та зразок №6 (0,19). Найвищу відносну стабільність генотипу (S_{gi}) за роки досліджень проявили зразки: МО 112 (6,26); Чорний принц (11,12), Товстий Джек (12,20) і сорт Сніговик (7,42). Лінія №280 (35,52); зразки Авюрі (34,28); Настенька (33,47) забезпечать стабільно низьку продуктивність рослин.

Таблиця 6.2 – Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за продуктивністю рослин, 2021–2024 рр.

№ з/п	Назва сортозразка	X сер, кг	V _i	$\sigma^2\text{CAC}_i$	Sg _i , %	b _i	СЦГ _i
1.	Голтянський	0,96±0,28	-0,21	0,08	29,55	2,50	0,39
2.	№2	1,05±0,32	-0,12	0,10	30,65	2,61	0,40
3.	№3	1,16±0,27	-0,02	0,07	23,52	1,89	0,61
4.	ЛК 4	1,30±0,51	0,13	0,26	39,34	4,18	0,27
5.	№5	1,14±0,34	-0,03	0,12	30,10	3,02	0,45
6.	№6	1,34±0,44	0,17	0,19	32,74	3,99	0,46
7.	№7	1,10±0,28	-0,08	0,08	25,20	2,50	0,54
8.	Променистий	1,34±0,50	0,17	0,25	37,33	4,39	0,33
9.	№9	1,26±0,38	0,08	0,15	30,44	2,96	0,49
10.	ЛК 10	1,14±0,40	-0,03	0,16	34,58	3,44	0,35
11.	Росинка	1,30±0,37	0,13	0,14	28,62	3,39	0,55
12.	Товстий Джек	1,56±0,10	0,39	0,04	12,20	0,23	1,18
13.	СХ 2	0,99±0,30	-0,18	0,09	30,18	2,72	0,39
14.	Лінія №289	1,28±0,35	0,10	0,12	27,50	2,45	0,57
15.	Лінія №283	1,01±0,26	-0,16	0,07	25,99	2,22	0,48
16.	Grand Canjon	1,41±0,27	0,23	0,07	19,01	1,96	0,87
17.	МО 112	1,18±0,07	0,01	0,01	6,26	0,03	1,03
18.	Лінія №280	1,05±0,37	-0,13	0,14	35,52	3,21	0,30
19.	Джина	1,34±0,21	0,17	0,04	15,62	1,33	0,92
20.	Лінія ЛК 490	1,05±0,17	-0,12	0,03	15,81	1,22	0,71
21.	PU-74-43	0,99±0,20	-0,18	0,04	20,44	0,76	0,58
22.	Manapal	1,01±0,20	-0,16	0,04	20,04	1,32	0,60
23.	Morioka 20	0,76±0,11	-0,41	0,01	14,26	0,70	0,54
24.	Dark green	1,00±0,25	-0,17	0,06	25,18	1,94	0,49
25.	Спалах	1,32±0,44	0,15	0,19	33,46	3,79	0,43
26.	Багрянець	1,21±0,36	0,03	0,13	29,54	2,55	0,49
27.	T-3627	0,93±0,17	-0,24	0,03	18,10	1,50	0,59
28.	La 1996	1,01±0,33	-0,16	0,11	32,78	2,91	0,34
29.	Сині	0,93±0,20	-0,24	0,04	21,06	1,77	0,54
30.	Морозенко	1,51±0,36	0,34	0,13	23,59	2,36	0,79
31.	Сніговик	1,78±0,13	0,59	0,02	7,42	0,38	1,49
32.	Авюри	1,23±0,42	0,06	0,18	34,28	3,03	0,38
33.	Чорний принц	1,24±0,17	0,07	0,02	11,12	0,32	0,96
34.	Добір з Радісного	1,09±0,16	-0,08	0,03	14,62	1,11	0,77
35.	Настенька	0,95±0,32	-0,23	0,10	33,47	2,83	0,31
36.	Изумрудное яблоко	1,28±0,30	0,11	0,10	24,71	2,32	0,64

Проаналізувавши величини коефіцієнта регресії (b_i) встановлено, що у даному наборі зразків, ліній, сортів найкраще реагують на покращення умов

середовища сорти Спалах (3,79), Променистий (4,39) та Росинка (3,39); лінії ЛК 4 (4,18), ЛК 10 (3,44); зразок №6 (3,99).

Для того, щоб одночасно відібрати зразки за параметрами загальної адаптивної здатності і стабільності нами визначена селекційна цінність генотипів (СЦГ_i). Найкращими генотипами, для яких характерні висока продуктивність рослин і стабільність, є сорти Сніговик (1,49) і Морозенко (0,79); зразки Товстий Джек (1,18) та Джина (0,92). Однак, вищезгадані сорти не містять у плодах підвищений уміст лікопену. Серед зразків з підвищеним умістом лікопену високу селекційну цінність за ознакою продуктивності мав зразок МО 112 (1,03), середню: зразки №3 (0,61), Manapal (0,60), T-3627 (0,59), лінія №289 (0,57) і сорт Росинка (0,55).

6.3 Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за ознакою «товарна продуктивність рослин помідора»

Дисперсійний аналіз двофакторного польового дослідження за товарною продуктивністю рослин помідора виявив достовірні відмінності між генотипами, середовищами та ефектами взаємодії генотипу з середовищем, що дало нам можливість перейти до обрахунку показників адаптивної здатності та екологічної стабільності. Найбільші ефекти загальної адаптивної здатності (V_i) мали сорти Спалах (0,13), Морозенко (0,36), Променистий (0,11) та лінія ЛК 4 (0,14); зразки: Сніговик (0,56); Товстий Джек (0,34); Джина (0,21), №6 і Grand Canjon (0,12) (Таблиця 6.3).

Таблиця 6.3 – Адаптивна здатність і стабільність генотипів помідора за товарною продуктивністю рослин, 2021–2024 рр.

№ з/п	Назва сортозразка	X сер, кг	V _i	$\sigma^2\text{CAC}_i$	Sg _i , %	b _i	СЦГ _i
1.	Голтянський	0,74±0,26	-0,18	0,07	35,14	2,77	0,30
2.	№2	0,86±0,28	-0,06	0,08	32,24	2,85	0,39
3.	№3	0,91±0,25	-0,01	0,06	27,16	2,16	0,49
4.	ЛК 4	1,06±0,48	0,14	0,23	45,08	4,86	0,25
5.	№5	0,83±0,25	-0,09	0,06	30,45	2,70	0,40
6.	№6	1,03±0,43	0,11	0,18	41,50	4,61	0,30
7.	№7	0,85±0,33	-0,07	0,11	39,46	3,61	0,28
8.	Променистий	1,03±0,54	0,11	0,29	52,50	5,67	0,11
9.	№9	0,92±0,38	0,00	0,15	41,71	3,70	0,27
10.	ЛК 10	0,95±0,36	0,03	0,13	37,43	3,53	0,35
11.	Росинка	1,00±0,39	0,08	0,10	31,51	3,39	0,47
12.	Товстий Джек	1,26±0,21	0,34	0,04	16,74	-0,09	0,90
13.	СХ 2	0,74±0,27	-0,18	0,07	35,86	2,83	0,29
14.	Лінія №289	1,03±0,29	0,11	0,08	27,92	2,57	0,54
15.	Лінія №283	0,80±0,19	-0,12	0,04	23,73	1,79	0,48
16.	Grand Canjon	1,04±0,25	0,12	0,06	23,67	2,22	0,62
17.	МО 112	0,89±0,17	-0,03	0,03	19,07	-0,37	0,60
18.	Лінія №280	0,85±0,27	-0,07	0,07	31,66	2,88	0,40
19.	Джина	1,13±0,20	0,21	0,04	17,60	1,99	0,79
20.	Лінія ЛК 490	0,84±0,24	-0,08	0,06	28,83	2,17	0,43
21.	PU-74-43	0,81±0,12	-0,11	0,01	14,50	0,53	0,61
22.	Manara	0,76±0,19	-0,16	0,03	24,57	1,90	0,44
23.	Morioka 20	0,63±0,10	-0,29	0,01	16,24	0,72	0,45
24.	Dark green	0,79±0,25	-0,13	0,06	31,56	2,40	0,37
25.	Спалах	1,05±0,37	0,13	0,14	35,17	3,83	0,42
26.	Багрянець	0,99±0,40	0,07	0,16	40,45	3,51	0,31
27.	T-3627	0,73±0,18	-0,19	0,03	24,70	1,94	0,42
28.	La 1996	0,78±0,27	-0,14	0,07	34,96	2,85	0,32
29.	Сині	0,68±0,15	-0,24	0,02	21,28	1,55	0,44
30.	Морозенко	1,28±0,29	0,36	0,08	22,64	2,12	0,79
31.	Сніговик	1,48±0,18	0,56	0,03	12,32	0,72	1,17
32.	Авюри	1,01±0,34	0,09	0,12	33,66	2,92	0,43
33.	Чорний принц	0,93±0,18	0,01	0,03	19,73	1,35	0,62
34.	Добір з Радісного	0,73±0,17	-0,19	0,03	24,06	1,41	0,43
35.	Настенька	0,68±0,27	-0,24	0,07	39,15	2,59	0,23
36.	Изумрудное яблоко	1,00±0,28	0,08	0,08	28,31	2,06	0,52

Усі вказані зразки відрізнялися високою товарною продуктивністю – 1,48; 1,26; 1,28; 1,13; 1,06; 1,03; 1,04 і 1,05 кг відповідно. За специфічною

адаптивною здатністю ($\sigma^2\text{CASC}_i$) виділилися сорти Багрянець (0,16), Спалах (0,14), Променистий (0,29); лінія ЛК 4 (0,23), зразок №6 (0,18). Найвищу відносну стабільність генотипу (S_{gi}) за роки досліджень проявили зразки: МО 112 (19,07), Morioka 20 (16,24), Товстий Джек (16,74) і сорт Сніговик (12,32). Сорт Променистий (52,50), лінія ЛК 4 (45,08) та зразок №6 (41,50) не здатні забезпечити стабільно високу товарну продуктивність рослин. Необхідно відмітити, що ці зразки мають плоди з великим відношенням довжини до ширини, що спричинило враження верхівковою гниллю. Тому, при високих показниках загальної продуктивності рослин ці зразки в останній, дуже посушливий рік мали невисокі показники товарної продуктивності.

Проаналізувавши величини коефіцієнта регресії (b_i) встановлено, що у даному наборі зразків, ліній, сортів найкраще реагують на покращення умов середовища сорти Променистий (5,67), Росинка (3,39), Спалах (3,83) та Багрянець (3,51); лінії ЛК 4 (4,86), ЛК 10 (3,53) та зразок №6 (4,61). Найкращими генотипами, для яких характерний висока товарна продуктивність рослин і стабільність, є сорти Сніговик (1,17) і Морозенко (0,79); зразки Товстий Джек (0,90) та Джина (0,79). Однак, вищезгадані сорти не містять у плодах підвищений уміст лікопену. Серед зразків з підвищеним умістом лікопену середню селекційну цінність за ознакою товарної продуктивності мали зразки МО 112 (0,60), №3 (0,49) і сорт Росинка (0,47).

РОЗДІЛ 7

ЯКІСНІ ОЗНАКИ ПОМІДОРА

Для оцінки ступеню прояву якісних ознак помідора за основу було використано “Методику проведення експертизи сортів помідора їстівного на відмінність, однорідність і стабільність” Українського інституту експертизи сортів рослин [41], у якій запропоновано відповідні коди (бали) ступеню прояву для якісних ознак (Таблиця 7.1).

Таблиця 7.1 – Коди (бали) ступеня прояву ознак помідора при оцінці генотипів на ВОС

№ з/п	Ознака	Ступінь прояву ознаки	Код (бал)
1	2	3	4
1.	Паросток: антоціанове забарвлення гіпокотилля	відсутнє	1
		наявне	9
2.	Рослина: тип розвитку	детермінантний	1
		індетермінантний	2
3.	Листок: за розсіченістю	перистий	1
		двічі перистий	2
4.	Листок: інтенсивність зеленого забарвлення	слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
5.	Суцвіття: за типом	переважно негалузисте	1
		порівну негалузисте і галузисте	2
		переважно галузисте	3
6.	Квітка: фасціація (перша квітка суцвіття)	відсутня	1
		наявна	9
7.	Квітка: забарвлення	жовте	1
		оранжеве	2
8.	Квітконіжка: відокремлюючий шар	відсутній	1
		наявний	9
9.	Плід: зелене плече (перед досяганням)	відсутнє	1
		наявне	9

Кінець таблиці 7.1

1	2	3	4
10.	Плід: ребристість біля плодоніжки	відсутня або слабка	1
		слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
		дуже сильна	9
11.	Плід: інтенсивність зеленого забарвлення (за винятком плеча) (перед досяганням)	дуже слабка	1
		слабка	3
		помірна	5
		сильна	7
		дуже сильна	9
12.	Плід: форма кінця плоду	заглиблена	1
		від заглибленої до плескатої	2
		плеската	3
		від плескатої до гострої	4
		гостра	5
13.	Плід: забарвлення (за досягання)	кремове	1
		жовте	2
		оранжеве	3
		рожеве	4
		червоне	5
		коричневе	6
		зелене	7

Нами встановлено фенотиповий прояв тринадцяти якісних ознак тридцяти шести генотипів помідора (Таблиця 7.2).

Таблиця 7.2 – Фенотиповий прояв якісних ознак помідора

№ з/п	Назва зразка, сорту, лінії	Паросток (антоціанове забарвлення)	Рослина: тип розвитку	Ознаки листка		Тип суцвіття	Квітка		Квітконіжка: відокремлюючий шар		Ознаки плоду			
				розсіченість	інтенсивність забарвлення зеленого		фасціація	забарвлення			редистість біля плодоніжки	інтенсивність забарвлення зеленого (за винятком плеча)	форма кінця плоду	забарвлення (за досягання)
1	Голтянський	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	слабка (3)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	наявне (9)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	гостра (5)	червоне (5)
2	№2	наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	відсутня (1)	відсутня (1)	слабка (3)	сильна (7)	від заглибленої до плескатої (2)	коричневе (6)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	№3	наявне (9)	дeterminантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	наявне (9)	помірна (5)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)
4	ЛК 4	наявне (9)	дeterminантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	відсутня (1)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	сильна (7)	від плескатої до гострої (4)	коричневе (6)
5	№5	наявне (9)	дeterminантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	відсутня (1)	відсутнє (1)	помірна (5)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)
6	№6	наявне (9)	дeterminантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	помірна (5)	сильна (7)	плеската (3)	червоне (5)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7	№7		наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	помірна (5)	плеската (3)	червоне (5)
8	Променистий		наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	слабка (3)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)
6	№6		наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	помірна (5)	помірна (5)	від плескатої до гострої (4)	червоне (5)
10	ЛК 10		наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	наявна (9)	наявне (9)	відсутня або дуже слабка (1)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11	Росинка	наявне (9)	детермінантний й (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	наявна (9)	наявне (9)	відсутня або дуже слабка (1)	сильна (7)	плеската (3)	червоне (6)
12	Товстий Джек	наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	наявна (9)	наявне (9)	сильна (7)	слабка (3)	від загальної до плескатої (2)	червоне (5)
13	CX 2	наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	від плескатої до гострої (4)	червоне (5)
14	Лінія №289	наявне (9)	детермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	сильна (7)	слабка (3)	плеската (3)	червоне (5)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	Лінія №283	наявне (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	наявна (9)	наявне (9)	слабка (3)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)
16	Grand Canyon	наявне (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	гостра (5)	червоне (5)
17	МО 112	наявне (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	наявна (9)	наявне (9)	відсутня або дуже слабка (1)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)
18	Лінія №280	наявне (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	наявна (9)	наявне (1)	відсутня або дуже слабка (1)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
19	Джина	наяви (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	плеската (3)	червоне (5)
20	Лінія ЛК 490	наяви (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	відсутня (1)	наяви (9)	слабка (3)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)
21	PU-74-43	наяви (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	наяви (9)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	від плескатої до гострої (4)	червоне (5)
22	Manapal	наяви (9)	Індестермінантний (2)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно нетагузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	наяви (9)	наяви (9)	відсутня або дуже слабка (1)	дуже сильна (9)	від плескатої до гострої (4)	коричневе (6)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
23	Morioka 20	наяви (9)	дестерміантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	відсутня (1)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	помірна (5)	від пліскавої до гострої (4)	коричневе (6)
24	Dark green	наяви (9)	Індестерміантний (2)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	оранжеве (2)	нави (9)	нави (9)	відсутня або дуже слабка (1)	дуже сильна (9)	від пліскавої до гострої (4)	коричневе (6)
25	Спалах	наяви (9)	дестерміантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	слабка (3)	помірна (5)	пліскава (3)	червоне (5)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
26	Багрянець	наявне (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	порівню негалузисте і галузисте (2)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	помірна (5)	помірна (5)	плеската (3)	коричневе (6)
27	T-3627	наявне (9)	Індестермінантний (2)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	наявна (9)	наявне (9)	відсутня або дуже слабка (1)	сильна (7)	плеската (3)	коричневе (6)
28	La 1996	наявне (9)	дестермінантний (1)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	наявна (9)	наявне (9)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	плеската (3)	червоне (5)
29	Сині	наявне (9)	Індестермінантний (2)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	наявна (9)	наявне (9)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	плеската (3)	червоне (5)

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30	Морозенко	наяви (9)	дестерміантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно неталузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	слабка (3)	слабка (3)	плеската (3)	червоне (5)
31	Сніговик	наяви (9)	дестерміантний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно неталузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	помірна (5)	слабка (3)	від заглибленої до плескатої (2)	оранжеве (3)
32	Авюри	наяви (9)	Індестерміантний (2)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно неталузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	нави (9)	відсутнє (1)	слабка (3)	слабка (3)	від заглибленої до плескатої (2)	червоне (5)
33	Чорний принц	наяви (9)	Індестерміантний (2)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно неталузисте (1)	нави (9)	жовте (1)	нави (9)	нави (9)	слабка (3)	слабка (3)	від заглибленої до плескатої (2)	коричневе (6)

36	Изумрудное яблоко	наяви́не (9)	Індетерміна́нтний (2)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	наявна (9)	жовте (1)	наявна (9)	наяви́не (9)	помірна (5)	помірна (5)	плеската (3)	зелене (7)
35	Настенька	наяви́не (9)	Індетерміна́нтний (2)	двічі перистий (2)	сильна (7)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	наявна (9)	наяви́не (9)	слабка (3)	помірна (5)	гостра (5)	рожеве (4)
34	Добір з Радісного	наяви́не (9)	детерміна́нтний (1)	двічі перистий (2)	помірна (5)	переважно негалузисте (1)	відсутня (1)	жовте (1)	відсутня (1)	відсутнє (1)	відсутня або дуже слабка (1)	слабка (3)	від плескатої до гострої (4)	оранжеве (3)

Для проведення математично–статистичного аналізу варіації якісних ознак, які визначають фенотип рослини помідора використовувалися відповідні статистичні показники мінливості якісних ознак:

- частка ознаки у вибірці p_i ;
- коефіцієнт варіації якісної ознаки V_p ; похибка вибіркової частки s_p ;
- коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, r_s .

Нами проаналізовано тридцять шість зразків помідора за тринадцятьма якісними ознаками (Таблиця 7.3).

Таблиця 7.3 – Якісні ознаки зразків і сортів помідора

№ з/п	Ознаки	Ступені виявлення ознак	Кількість генотипів	Частка ознаки у вибірці	Коефіцієнт варіації якісної ознаки (V_p), %
1	2	3	4	5	6
1.	Паросток: антоціанове забарвлення гіпокотилля	1	36	1,000±0,17	100,0
2.	Рослина: тип розвитку	1	29	0,806±0,07	79,15
		2	7	0,194±0,07	
3.	Листок: за розсіченістю	1	36	1,000±0,17	100,0
4.	Інтенсивність зеленого забарвлення	3	1	0,028±0,03	55,79
		5	15	0,417±0,03	
		7	20	0,556±0,03	
5.	Суцвіття: за типом	1	35	0,972±0,03	32,87
		2	1	0,028±0,03	
6.	Квітка: фасціація (перша квітка суцвіття)	1	34	0,944±0,04	45,81
		9	2	0,056±0,04	
7.	Квітка: забарвлення	1	23	0,639±0,08	96,06
		2	13	0,361±0,08	
8.	Квітніжка: відокремлюючий шар	1	20	0,556±0,08	99,38
		9	16	0,444±0,08	
9.	Плід: зелене плече (перед досяганням)	1	20	0,556±0,08	99,38
		9	16	0,444±0,08	

1	2	3	4	5	6
10.	Плід: ребристість біля плодоніжки	1	17	0,472±0,03	77,61
		3	10	0,278±0,03	
		5	7	0,194±0,03	
		7	2	0,056±0,03	
11.	Плід: інтенсивність зеленого забарвлення (за винятком плеча) перед досяганням	3	13	0,361±0,03	80,12
		5	8	0,222±0,03	
		7	13	0,361±0,03	
		9	2	0,056±0,03	
12.	Плід: форма кінця плоду	2	5	0,139±0,03	77,77
		3	20	0,556±0,03	
		4	8	0,222±0,03	
		5	3	0,083±0,03	
13.	Плід: забарвлення (за досягання)	3	2	0,056±0,02	48,33
		4	1	0,028±0,02	
		5	15	0,417±0,02	
		6	17	0,472±0,02	
		7	1	0,028±0,02	

Встановлено, що антоціанове забарвлення гіпокотили паростка мали всі досліджувані зразки, тобто, вказана ознака у дослідженому наборі генотипів мала тільки один ступінь прояву, що відповідає балу 1, частка прояву даної ознаки у вибірці становила $1,0 \pm 0,17$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 100 \%$.

Детермінантний тип розвитку рослини за характером гілкування пагонів і тривалості росту головного стебла (ген *sp*) було виявлено у двадцяти дев'яти зразків, (бал 1) індетермінантний – семи (бал 2). Частка ознак у вибірці становила відповідно $0,81 \pm 0,07$ і $0,19 \pm 0,07$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 79,15 \%$.

Усі зразки за розсіченістю мали двічі перистий листок, тобто, вказана ознака у дослідженому наборі генотипів мала тільки один ступінь прояву, що відповідає балу 1, частка прояву даної ознаки у вибірці становила $1,0 \pm 0,17$. Коефіцієнт варіації ознаки $V_p = 100 \%$.

Ознака «інтенсивність зеленого забарвлення листка» зустрічалася з трьома різними ступенями прояву, які відповідають балам 3, 5, 7. Слабку інтенсивність зеленого забарвлення листка встановлено в одного зразка, помірне – у п'ятнадцяти, сильне – у двадцяти зразків. Частки ознак у вибірці відповідно становили: $0,03 \pm 0,03$; $0,42 \pm 0,03$ і $0,56 \pm 0,03$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 55,79\%$.

Переважно не галузисте суцвіття (ступінь прояву з балом 1) мали тридцять п'ять зразків з часткою у вибірці $0,97 \pm 0,03$; один зразок (ступінь прояву 2 бали) – частка у вибірці $0,03 \pm 0,03$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 32,87\%$.

Фасціацію першої квітки суцвіття (*f*) мали два зразки (бал 9, частка ознаки у вибірці $0,06 \pm 0,04$). У інших тридцяти чотирьох зразків вона була відсутня (бал 1, частка ознаки $0,94 \pm 0,04$). Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 45,81\%$.

Ознака «забарвлення квітки» мала два ступені прояву: жовте (бал 1) і оранжеве (бал 2). Жовте забарвлення спостерігали у двадцяти трьох зразків, оранжеве – у тринадцяти. Частки ознаки у вибірці $0,64 \pm 0,08$ і $0,36 \pm 0,08$, відповідно. Оранжеве забарвлення, в основному, мали зразки з підвищеним вмістом лікопену у плодах. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 96,06\%$.

Відокремлюючий шар квітконіжки був наявний у шістнадцяти зразків, двадцять зразків містив ген (*j*₂), тобто відокремлюючий шар був відсутній, бали 1 і 9, відповідно, з часткою ознак $0,56 \pm 0,08$ і $0,44 \pm 0,08$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 99,38\%$.

Зелене плече плоду перед досяганням встановлено у шістнадцяти зразків (бал 9, частка ознаки $0,44 \pm 0,08$), у двадцяти зразків воно було відсутнє (відповідно, бал 1, частка ознаки $0,56 \pm 0,08$), тобто, ці зразки містили у собі ген рівномірного забарвлення плоду (*u*). Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 99,38\%$.

Ознака «ребристість плоду біля плодоніжки» у досліджених генотипів помідора мала чотири ступені прояву. Відсутню або дуже слабку ребристість

(бал 1) мали сімнадцять зразків, слабку (3) – десять, помірну (5) – сім і сильну (бал 7) – два. Частки ознаки у вибірці становили відповідно $0,47 \pm 0,03$; $0,28 \pm 0,03$; $0,19 \pm 0,03$ і $0,06 \pm 0,03$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 77,61 \%$.

Інтенсивність зеленого забарвлення плоду (за винятком зеленого плеча) перед досяганням мала чотири ступені прояву у даному наборі досліджуваних генотипів. Слабку (бал 3) встановлено у тринадцяти зразків, помірну (5) – у восьми, сильну (7) – у тринадцяти, дуже сильну (9) – у двох. Частка ознаки у вибірці становила $0,36 \pm 0,03$; $0,22 \pm 0,03$; $0,36 \pm 0,03$ і $0,06 \pm 0,03$, відповідно. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 80,12 \%$.

Ознака «форма кінця плоду» у даній популяції зустрічалася з чотирма різними ступенями прояву, які відповідають балам 2, 3, 4, 5. Форма плоду від заглибленої до плескатої була у п'яти зразків, плеската – у двадцяти, від плескатої до гострої – у восьми. Три зразки мали гостру форму кінця плоду. Частки ознаки у вибірці становили відповідно, $0,14 \pm 0,03$; $0,56 \pm 0,03$; $0,22 \pm 0,03$ і $0,08 \pm 0,03$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 77,77 \%$.

Ознака «забарвлення плоду (за досягання)» відрізнялося своїм різноманіттям. На жаль, класифікація за ВОС не дає досконалу оцінку цій ознаці. Відсутні бали для зразків з темно-червоним забарвленням (носії генів *hp*, *hp-2^{dg}*, *B^c*), їх ми віднесли до зразків з балом 6 – коричневі та смугастого зразка Авюри ген (*gs*), який віднесли до зразків з балом 5 – червоні. Оранжеве забарвлення (бал 3) мали два зразки, частка ознаки $0,06 \pm 0,02$, рожеве (4) – один, частка ознаки $0,03 \pm 0,02$, червоне (5), п'ятнадцять зразків – частка ознаки $0,42 \pm 0,02$, коричневе (6) – сімнадцять, частка ознаки $0,47 \pm 0,02$, зелене (бал 7) – один з часткою ознаки $0,03 \pm 0,02$. Коефіцієнт варіації даної ознаки $V_p = 48,33 \%$.

Таким чином, проведений аналіз сумарної вибірки популяції рослин помідора засвідчив високий рівень генетичного різноманіття за ступенем прояву якісних ознак. Коефіцієнт варіації якісних ознак був в межах 45,80–100,0 %. Необхідно відмітити, що особливістю розрахунку даного коефіцієнту є те, що його значенню 100 % відповідають тільки ті якісні ознаки, які не варіювали, а

мали лише один ступінь прояву. У нашому випадку це ознаки забарвлення паростка і розсіченість листка. Усі решта якісних ознак мали більше, ніж один ступінь прояву і, відповідно, менші, ніж 100 % значення коефіцієнту V_p . Серед досліджених 13 якісних ознак, які визначають фенотип рослини помідора 6 ознак мали 3 ступені прояву, одна ознака – 3 ступенів прояву, 3 ознаки – 4 ступені прояву, одна ознака – 5 ступенів прояву.

Після встановлення особливостей прояву якісних ознак, що визначають фенотип рослини помідора нами був проведений кореляційний аналіз між цими ознаками та кількісними господарсько-цінними ознаками, які, по суті, є відображенням морфо-фізіологічних показників росту рослин. Всього в кореляційному аналізі були задіяні двадцять чотири кількісні ознаки: «загальна продуктивність», «кількість плодів на рослині», «товарна продуктивність», «кількість товарних плодів на рослині», «середня маса товарного плоду», «висота плоду», «ширина плоду», «індекс плоду», «камерність», «товщина перикарпію», «діаметр серцевини», «довжина головного стебла», «висота закладання першої китиці», «кількість китиць на головному стеблі», «кількість плодів на другій китиці», «тривалість періоду сходи-цвітіння», «тривалість періоду цвітіння-достигання», «тривалість періоду сходи-достигання», «уміст лікопену», «уміст сухої розчинної речовини», «кислотність», «уміст цукру», «уміст м'якоті у соку», «уміст вітаміну С».

Інтегральним критерієм варіабельності якісних ознак для певного зразку помідора був показник «середній індекс для вибірки».

Під час проведення кореляційного аналізу цей показник порівнювався з відповідними кількісними ознаками рослин цього ж зразка або сорту помідора. Формування бази даних кількісних ознак проводилося за результатами трьохрічних (2021–2023 років) біометричних вимірювань у польових умовах.

Дані з кореляційного аналізу наведені в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (r_s) між ступенем прояву асоціацій якісних ознак, що визначають фенотип та кількісними ознаками рослини помідора

Ознака	Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, r_s	t(N-2)	Величина показника p
Загальна продуктивність	-0,360008	-2,25006	0,031028
Кількість плодів на рослині	-0,307841	-1,88662	0,067775
Товарна продуктивність	-0,316010	-1,94216	0,060439
Кількість товарних плодів на рослині	-0,377736	-2,37880	0,023128
Середня маса товарного плоду	0,029741	0,17350	0,863290
Висота плоду	-0,278872	-1,69327	0,099550
Щиринна плоду	0,196099	1,16608	0,251696
Індекс плоду	-0,180209	-1,06828	0,292922
Камерність	0,300521	1,83725	0,074926
Товщина перикарпію	-0,505410	-3,41533	0,001666
Діаметр серцевини	0,286340	1,74260	0,090443
Довжина головного стебла	0,412901	2,64346	0,012323
Висота закладання першої китиці	0,213867	1,27659	0,210399
Кількість китиць на головному стеблі	0,003542	0,02065	0,983645
Кількість плодів на другій китиці	-0,328226	-2,02612	0,050657
Сходи–цвітіння	0,416790	2,67357	0,011447
Цвітіння–достигання	-0,096812	-0,56717	0,574326
Сходи–достигання	0,092935	0,54425	0,589818
Лікопен	0,404275	2,57731	0,014467
Суша розчинна речовина	0,120355	0,70693	0,484430
Кислотність	0,345948	2,14996	0,038759
Цукор	0,230671	1,38231	0,175891
М'якоть у соку	-0,264276	-1,59779	0,119344
Вітамін С	0,601662	4,39218	0,000104

Примітка. * – Жирним шрифтом виділені коефіцієнти кореляції Спірмена r_s на рівні значущості $p < 0,05$.

Згідно отриманих результатів мають місце істотні кореляційні зв'язки між якісними і кількісними ознаками. Статистично достовірними виявилось середнє значення коефіцієнту рангової кореляції Спірмена між показником «середній індекс для вибірки» та кількісними ознаками «уміст вітаміну С» ($r_s = 0,602$). Помірні кореляційні зв'язки встановлено між показником «середній індекс для вибірки» та ознаками «уміст лікопену» ($0,404$), «тривалість періоду сходи–цвітіння» ($r_s = 0,417$), «довжина головного стебла» ($r_s = 0,413$). Обернений середній кореляційний зв'язок встановлено між показником «середній індекс для вибірки» та ознакою «товщина перикарпію» ($r_s = -0,505$), помірний – «кількість товарних плодів на рослині» ($r_s = -0,378$), «загальна продуктивність» ($r_s = -0,360$).

Усі виявлені значення коефіцієнту рангової кореляції Спірмена відносилися до середніх та помірних за силою кореляційних зв'язків. Особливо корисним для подальшої селекційної роботи є виявлені кореляційні зв'язки між непараметричним критерієм, що визначає відмінність фенотипів помідора за асоціацією якісних ознак та кількісними ознаками «уміст вітаміну С», «уміст лікопену», «тривалість періоду сходи–цвітіння», «довжина головного стебла», «товщина перикарпію», «кількість товарних плодів на рослині», «загальна продуктивність».

Досліджені кореляційні зв'язки дають можливість у подальшій селекційній роботі проводити добір високолікопенних генотипів помідора за асоціацією якісних ознак, що визначають фенотип цієї рослини. Усі виявлені достовірні значення коефіцієнту рангової кореляції Спірмена відносилися до діапазону середніх та помірних за силою кореляційних зв'язків.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mochizuki T., Ishiuchi D. & Kamimura S. Early seedling growth, yield components and fruit chemical composition of high-pigment processing tomato lines. In *International Symposium on Vegetables for Processing* 220. August. 1987. Pp. 85–92.
2. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений. Кишинев: Штиинца, 1988. 765 с.
3. Jones J. B. Jr. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC Press. Boca Raton. Fla, 1998. 183 p.
4. Razdan M. K. Genetic Improvement of Solanaceous Crops. Volume 2: Tomato. CRC Press, 2006. 658 p.
5. Bergougnoux V. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology Advances*. 2014. Vol. 32. No. 1. P. 170–189.
6. FAOSTAT. 2024. <http://www.fao.org/faostat/> (дата звернення 20.10.2025).
7. Державна служба статистики України. 2024. <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 20.10.2025).
8. Felföldi Z., Ranga F., Socaci S. A., Farcas A., Plazas M., Sestras A. F. & Sestras R. E. Physico-chemical, nutritional, and sensory evaluation of two new commercial tomato hybrids and their parental lines. *Plants*. 2021. Vol. 10(11). P. 2480.
9. Cammareri M., Frary A., Grandillo S. Genetic and Biotechnological Approaches to Improve Fruit Bioactive Content: A Focus on Eggplant and Tomato Anthocyanins. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25. 6811.
10. Chang Y., Zhang X., Wang C., Ma N., Xie J. & Zhang J. Fruit quality analysis and flavor comprehensive evaluation of cherry tomatoes of different colors. *Foods*. 2024. Vol. 13(12). P. 1898.
11. Ouattara S. S. S. & Konate M. The Tomato: a nutritious and profitable vegetable to promote in Burkina Faso. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2024. Vol. 45(1). P. 11–20.

12. Mateus A. R. S., Pena A. & Sanches-Silva A. Unveiling the potential of bioactive compounds in vegetable and fruit by-products: Exploring phytochemical properties, health benefits, and industrial opportunities. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 2024. Vol. 48. 100938.
13. Ginting J. Juicy research: Tomato vs. Strawberry juice impact on hemoglobin levels. *The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research*. 2024. Vol. 6(03). P. 01–07.
14. Lochen M. L. One tomato a day may keep the doctor away. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2024. Vol. 31(8). P. 920–921.
15. Usman Mir Khan, Mustafa Sevindik, Ali Zarrabi, Mohammad Nami, Betul Ozdemir, Dilara Nur Kaplan, Zeliha Selamoglu, Muzaffar Hasan, Manoj Kumar, Mohammed M. Alshehri, Javad Sharifi-Rad. Lycopene: Food Sources, Biological Activities, and Human Health Benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2021. 2713511. 10 p.
16. Daniello V., De Leo V., Lasalvia M., Hossain M. N., Carbone A., Catucci, L. ... & Di Gioia S. *Solanum lycopersicum* (Tomato)-Derived nanovesicles accelerate Wound Healing by eliciting the Migration of keratinocytes and fibroblasts. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25(5). P. 2452.
17. Wu F., Tanksley S.D. Chromosomal evolution in the plant family Solanaceae. *BMC Genomics*. 2010. Vol. 11. P. 182.
18. Irina Z., Irina P., Dmitriy E., Inessa P., Alla C., Alena P., Natalya H. Assessment of tomato fruits vitamin- and mineral-content stability as a potential raw material to produce functional food. *The Functional Foods in Health and Disease*. 2024. Vol. 14. P. 14.
19. Beglița V., Ungureanu-Iuga M., Mironeasa S. Assessing the Features of Tomato Pomace Powder in Suspensions. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. P. 2235.
20. Jiménez Bolaño D. C., Insuasty D., Rodríguez Macías J. D. & Grande-Tovar C. D. Potential use of tomato peel, a rich source of lycopene, for cancer treatment. *Molecules*. 2024. Vol. 29(13). P. 3079.

21. Ogunkunle N. F., Adeniyi N. O. & Simpson M. D. The Use of Pomace as Animal Feed: A Review of Grape and Tomato Pomace. *Journal of Agricultural Science*. 2024. Vol. 16(10). P. 1–10.
22. Chabi I. B., Zannou O., Dedehou E. S., Ayegnon B. P., Odouaro O. B. O., Maqsood S. ... & Kayodé A. P. P. Tomato pomace as a source of valuable functional ingredients for improving physicochemical and sensory properties and extending the shelf life of foods: A review. *Heliyon*. 2024. Vol. 10(3). P. e25261.
23. Sangeetha K., Ramyaa R. B., Khaneghah A. M. & Radhakrishnan M. Extraction, characterization, and application of tomato seed oil in the food industry: An updated review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. Vol. 11. P. 100529.
24. Firman J., Narrowe A., Liu L., Mahalak K., Lemons J., Van den Abbeele P. Et al. Tomato seed extract promotes health of the gut microbiota and demonstrates a potential new way to valorize tomato waste. *PLoS ONE*. 2024. Vol. 19(4). e0301381.
25. Li N., Wu X., Zhuang W., Xia L., Chen Y., Wu C. ... & Zhou Y. Tomato and lycopene and multiple health outcomes: Umbrella review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 343. P. 128396.
26. Numan N., Jeyaram S., Kaviyarasu K., Neethling P., Sackey J., Kotsedi C. L. ... & Maaza M. On the remarkable nonlinear optical properties of natural tomato lycopene. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12(1). P. 9078.
27. Górecka D., Wawrzyniak A., Jędrusek-Golińska A., Dziedzic K., Hamulka J., Kowalczewski P. Ł. & Walkowiak J. Lycopene in tomatoes and tomato products. *Open chemistry*. 2020. Vol. 18(1). P. 752–756.
28. Chen J., Cao X., Huang Z., Chen X., Zou T., You J. Research Progress on Lycopene in Swine and Poultry Nutrition: An Update. *Animals*. 2023. Vol. 13. P. 883.
29. Imran M., Ghorat F., Ul-Haq I., Ur-Rehman H., Aslam F., Heydari M. ... & Rebezov M. Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9(8). P. 706.

30. Arana Rodriguez F. A. Membrane separation of bioactive lycopene from tomato juice (Doctoral dissertation). Texas A&M University. Universidad del Valle, 2009. 98 p.
31. Kulawik A., Cielecka-Piontek J., Zalewski P. The Importance of Antioxidant Activity for the Health-Promoting Effect of Lycopene. *Nutrients*. 2023. Vol. 15(17). 3821.
32. Hsieh M. J., Huang C. Y., Kiefer R., Lee S. D., Maurya N. & Velmurugan B. K. Cardiovascular disease and possible ways in which lycopene acts as an efficient cardio-protectant against different cardiovascular risk factors. *Molecules*. 2022. Vol. 27(10). P. 3235.
33. Gaviria-Lozano A. C., Castro A. M., Diaz L. E., Quintanilla-Carvajal M. X. & Moreno F. L. Improving the drying efficiency, quality attributes, and lycopene bioaccessibility (in vitro) of tomato puree using refractance-window hybrid drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2025. 104014.
34. Ozkan G., Günal-Köroğlu D., Karadag A., Capanoglu E., Cardoso S. M., Al-Omari B. ... & Cho W. C. A mechanistic updated overview on lycopene as potential anticancer agent. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2023. Vol. 161. 114428.
35. Amorim A. D. G. N., Vasconcelos A. G., Souza J., Oliveira A., Gullón B., de Souza de Almeida Leite J. R. & Pintado M. Bio-availability, anticancer potential, and chemical data of lycopene: an overview and technological prospecting. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11(2). 360.
36. Carvalho G. C., Sábio R. M. & Chorilli M. An overview of properties and analytical methods for lycopene in organic nanocarriers. *Critical reviews in analytical chemistry*. 2021. Vol. 51(7). P. 674–686.
37. Gheonea I., Aprodu I., Cîrciumaru A., Râpeanu G., Bahrin G. E. & Stănciuc N. Microencapsulation of lycopene from tomatoes peels by complex coacervation and freeze-drying: Evidences on phytochemical profile, stability and food applications. *Journal of Food Engineering*. 2021. Vol. 288. 110166.
38. Ntzimani A., Tsevdou M., Katsouli M., Thanou I., Tsimogiannis D., Giannakourou M., Taoukis P. Recovery of Carotenoids via Novel Extraction

Technologies for the Valorization of Tomato By-Products. *Processes*. 2025. Vol. 13(9). 2964.

39. Shi J. & Maguer M. L. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2000. Vol. 40(1). P. 1–42.

40. Петровська І. Р., Салига Ю. Т., Вудмаска І. В. Статистичні методи в біологічних дослідженнях: навчально-методичний посібник. Київ: Аграрна наука, 2022. 172 с.

41. Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність / за ред. Ткачик С.О. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2016. 1145 с.

42. Стариченко В. М., Голик Л. М., Ткачова Н. А., Литус М. В. Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів і ліній в селекції пшениці озимої. *Міжвідомчий тематичний наук. зб. «Селекція і насінництво»*. Харків, 2014. Вип. 105. С. 77– 83.

43. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. Vol. 6. №1. P. 36–40.

Національна академія аграрних наук України
Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція
ННЦ "Інститут землеробства НААН"
20731, Черкаська обл., Черкаський район, с. Холоднянське,
вул. Докучаєва, 13
тел. / факс (04733) 2-99-10, E-mail:smilachiapv@ukr.net