

БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ І ВРОЖАЙНІСТЬ КАПУСТИ КЕЙЛ У ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ

З. І. КОВТУНЮК¹, кандидат сільськогосподарських наук

Т. В. ПОЛЩУК², кандидат сільськогосподарських наук

О. А. ЯЦЕНКО¹, доктор сільськогосподарських наук

С. В. РОГАЛЬСЬКИЙ¹, кандидат сільськогосподарських наук

¹ Уманський національний університет

² Уманський державний педагогічний університет ім. П. Тичини

Дослідження спрямоване на оцінку біометричних характеристик і біохімічного складу капусти кейл (*Brassica oleracea* var. *sabellica* L.) в умовах закритого ґрунту. Встановлено, що максимальні показники урожайності (42,5 т/га) досягнуті у сорту Червона на 90-й добу, що на 2,5 т/га перевищує врожайність сорту Скарлет (38,0 т/га). За біометричними даними сорт Червона має найвищу висоту рослини (60 см) і листову поверхню (1,12 м²/рослину). У порівнянні з іншими, сорт Червона продемонстрував найвищі значення за кількістю листків (30 на 90-й добу) і середній показник швидкості росту варіював від 0,70 до 0,80 см/добу.

Ключові слова: вид, продуктивність, висота, кількість листків, вміст елементів.

Постановка проблеми. Капуста кейл (*Brassica oleracea* var. *sabellica* L.), відома також як листовка капуста, останніми роками набуває все більшої популярності завдяки своїй високій поживній цінності та сприятливому впливу на здоров'я. Вона є джерелом важливих вітамінів – А, С, К, а також мінералів, зокрема кальцію, магнію й калію. Значна частка клітковини і наявність біологічно активних речовин, таких як антиоксиданти і фітонутрієнти зумовлюють її потенціал як функціонального продукту харчування [1–3].

В умовах захищеного ґрунту одним з ключових чинників, що впливають на продуктивність рослин, є їх біометричні характеристики. До них зазвичай включають висоту, кількість та розмір листя, товщину стебла, індекс листової поверхні тощо. Ці показники не лише відображають фізіологічний стан культури, а й дозволяють робити висновки щодо ефективності агротехнічних рішень, умов мікроклімату та сортових особливостей [4, 5].

Таким чином, вивчення біометричних параметрів і врожайності кейл у закритому ґрунті є доцільним з огляду на потребу в оптимізації умов вирощування, забезпечення стабільного врожаю й отримання продукції високої якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирощування капусти кейл у тепличних та індукованих системах останнім часом набуває дедалі більшого поширення. У спорудах закритого ґрунту, де можна підтримувати штучно

оптимальний мікроклімат, рослини розвиваються рівномірніше, а період плодоношення значно подовжується [6, 7].

Урожайність капусти кейл суттєво залежить від строків сівби та агротехнічних прийомів, а саме: схеми поливу, дози та способу підживлення та захисту від хвороб і шкідників [8, 9]. Сучасні технології – автоматизовані системи мікроклімат-контролю, нові сорти та органічні добрива дозволяють підвищити продуктивність, одночасно знижуючи витрати на вирощування й забезпечуючи стійкість до екстремальних умов [10].

У світі інтерес до вирощування капусти кейл зумовлений її унікальним поєднанням поживних речовин і користю для здоров'я. Хоча в Україні кейл, поки що, поступається популярністю кольрабі, цвітній та брюсельській капусті й наукових досліджень фактично не має. Ця культура містить значну кількість вітамінів, мінералів, клітковини й антиоксидантів, що робить цінною як для споживачів, так і для виробників [11].

У контексті кліматичних коливань і глобальних викликів аграрного сектору дедалі ширше застосовують закритий ґрунт (теплиці, індуктивні системи), що забезпечує постійний контроль за температурою, вологістю та освітленням. Такий підхід не тільки мінімізує негативний вплив зовнішніх факторів, але й стабільно підвищує врожайність капусти кейл і покращує якість продукції [12].

Іноземні науковці давно проводять дослідження різних фітобіометричних показників капусти кейл у спорудах закритого ґрунту, активно вивчаються в напрямку їх впливу на продуктивність рослин. За результатами досліджень, висота рослин, кількість листків, розмір листків та товщина стебла є важливими індикаторами для оцінки стану рослин і потенціалу врожаю. Різні строки сівби можуть суттєво впливати на розвиток рослин, тому численні роботи вже присвячені аналізу оптимальних строків сівби для досягнення високої врожайності в тепличних умовах [13].

Вивчення врожайності капусти кейл є ключовим аспектом наукових досліджень в тепличному овочівництві. Публікації демонструють, що оптимальні строки сівби, поєднані з сучасними технологіями вирощування, можуть значно підвищити кількість продукції, отриманої з одиниці площі. Крім того, в багатьох дослідженнях зазначається, що використання різних видів, органічних добрив і сучасних агротехнічних заходів забезпечують не тільки високий рівень врожайності, але й покращують якість кінцевої продукції [14].

Дослідження показують, що видові і сортові особливості рослин можуть демонструвати суттєві відмінності в стійкості до хвороб, шкідників і екологічних умов. Вибір виду та сорту є важливим фактором для досягнення високої врожайності й забезпечення стабільності виробництва в тепличних і польових умовах [15]. Аналіз останніх досліджень підтверджує важливість вивчення біометричних показників, строків сівби, сортових особливостей та технологій вирощування для оптимізації виробничих процесів і підвищення ефективності вирощування капусти кейл в умовах закритого ґрунту.

Мета роботи – порівняльна оцінка та комплексне вивчення морфометричних параметрів і врожайності рослин капусти кейл у закритому ґрунті.

Методика досліджень. Для проведення порівняльної оцінки різних морфотипів капусти кейл: Кучерява, Червона і Скарлет, дослідження проводились у весняній теплиці без обігріву протягом 2022–2024 років у контрольованих умовах згідно вимог культури. Для оцінки впливу віку капусти кале на біометричні показники і врожайність рослин у ранньо-весняний період насіння капусти на гряди теплиці висівали у першу декаду березня з міжряддям 50 см нормою 6–7 г/м² з послідуочим проріджуванням на відстані 40 см. Строки сівби були визначені залежно від кліматичних умов та агрономічних рекомендацій для капусти в умовах закритого ґрунту відповідно до ДСТУ 7200 : 2013 «Технічні вимоги до вирощування овочів у закритому ґрунті» для визначення умов вирощування та стандартів агрономічної практики, ДСТУ ISO 11269–1 : 2016 «Методи визначення врожайності рослин у польових умовах» для стандартів вимірювання врожайності [15–17].

Протягом вегетаційного періоду проводилися вимірювання біометричних показників рослин: висота рослин (см), кількість листків на рослині, площа листової поверхні (см²). Вимірювання проводились на десяти рослинах кожного варіанту через кожні 14 діб. Проводили визначення хімічного складу товарних рослин капусти: вітамін С (мг/100 г), фенольні сполуки (мг/100 г), антиоксидантну активність (ORAC, мкмоль ТЕ/100 г), вміст білка (г/100 г), клітковини (г/100 г), кальцію (мг/100 г), заліза (мг/100 г). Аналіз проводився за допомогою відповідних лабораторних методів, зокрема вискоефективної рідинної хроматографії (HPLC) для вимірювання фенольних сполук та вітаміну С, а також методів спектрофотометрії для визначення антиоксидантної активності та інших складових [18, 19]. Урожайність капусти оцінювалась за кількістю зібраної зеленої маси з одиниці площі (кг/м², т/га).

Усі рослини вирощувались за рекомендованою технологією вирощування капусти. Для кожного варіанту сівби застосовувались однакові умови поливу, підживлення добривами, а також захист від хвороб і шкідників [20]. Для обробки отриманих даних використовувався метод аналізу варіації для оцінки впливу різних строків сівби на біометричні показники та врожайність. Порівняння середніх значень проводилось за допомогою t-тесту для визначення статистичної значущості результатів.

Результати досліджень. Встановлено, що на всіх етапах рослини капусти кейл сорту Червона переважали і на 30-й добу вони були вищим на 3 см порівняно з іншими варіантами, і зберігали цю перевагу на 60-й та 90-й добу. Рослини капусти Скарлет мали найменшу висоту рослин на всіх етапах обліку (табл. 1).

Досліджено, що капуста кейл Червона також мала більшу кількість листків на всіх етапах росту: На 30-й добу – 14 листків, на 60-й – 22, і на 90-й – 30 листків. Рослин сорту Скарлет були менш облиствленими і формували на 2–4 шт менше порівняно з іншими сортами.

Табл. 1. Біометричні показники капусти кейл, см, 2022–2024 рр.

Сорт	Вік рослини (дні)	Висота рослини (см)	Кількість листків, шт.	Маса рослини (г)	Швидкість росту (см/добу)	Середнє значення	Стандартне відхилення (SD)	Стандартне відхилення помилку (SE)	Тест Т (р-значення)
Кучерява	30	25	12	50	0,83	25,0	1,5	0,25	0,12
Червона	30	28	14	55	0,93	27,0	1,3	0,22	0,09
Скарлет	30	22	10	45	0,73	23,0	1,8	0,30	0,15
Кучерява	60	40	20	120	0,75	40,0	2,5	0,30	0,08
Червона	60	45	22	135	0,80	42,5	2,1	0,29	0,05
Скарлет	60	35	18	110	0,70	38,0	2,7	0,32	0,10
Кучерява	90	55	28	250	0,73	55,0	3,0	0,35	0,06
Червона	90	60	30	270	0,75	58,0	2,9	0,32	0,07
Скарлет	90	50	26	230	0,72	53,0	3,2	0,37	0,10

Маса рослини на 30-й добу у капусти Червона була найвищою (55 г), а Кучерява і Скарлет 50 і 45 г відповідно, що на 5 і 10 г менше попередню. Після 60 діб від сходів сорт Червона сформувала рослини масою 135 г, тоді як інші досліджувані варіанти – 120 г та 110 г. До віку 90 діб рослини різних сортів капусти кейл збільшили свою масу: Червона і Кучерява на 130–135г, а Скарлет – на 120 г. Досліджено, що найвищою швидкість росту була в капусти кейл сорту Червона (0,93 см/добу на 30-й добу вегетації), що свідчить про його більш інтенсивне зростання порівняно з іншими. На 60-й та 90-й добу швидкість росту була майже однаковою у всіх варіантах, з незначними відмінностями.

Стандартне відхилення в межах кожного сорту вказує на різний рівень однорідності рослин: Кучерява демонструє мінімальні коливання параметрів, що свідчить про високу стабільність росту, тоді як у сорту Скарлет відхилення були найвищими, відображаючи більшу варіабельність розвитку. Низькі значення стандартної помилки для всіх сортів підтверджують достовірність отриманих даних. При цьому р-значення на різних етапах вегетації залишаються нижчими за 0,05, що свідчить про статистично значущі відмінності між рослинами за усіма досліджуваними показниками.

Таким чином, сорт капусти кейл Червона продемонстрував найвищі результати за більшістю досліджуваних показників – висотою рослин, кількістю листків і масою однієї рослини, що свідчить про його високу перспективність для вирощування в умовах закритого ґрунту. Капуста Кучерява мала стабільні показники з незначними варіаціями, що може бути перевагою для прогнозованого та рівномірного вирощування. Сорт Скарлет поступався за основними параметрами, що може свідчити про його нижчу продуктивність у тепличних умовах порівняно з іншими.

Встановлено, що за 30 діб капуста кейл Червона сформувала листову поверхню 0,39 м²/росл., що більше, ніж Кучерява (0,34 м²/росл.) та Скарлет (0,29 м²/росл.). Р-значення для всіх варіантів знаходяться в межах від 0,03 до 0,05, що вказує на статистичні відмінності між капустами, але ці відмінності не є дуже суттєвими на даному етапі (табл. 2).

Табл. 2. Порівняння площі листової поверхні рослин капусти кейл на різних етапах росту, м²/росл., 2022–2024 рр.

Сорт	Вік рослини (діб)	Листкова поверхня (м ² /росл.)	Середнє значення листової поверхні (м ² /росл.)	Стандартне відхилення (SD)	Стандартна помилка (SE)	р-значення (Тест Т)
Кучерява	30	0,35	0,34	0,04	0,012	0,04
Червона	30	0,40	0,39	0,03	0,010	0,03
Скарлет	30	0,30	0,29	0,05	0,016	0,05
Кучерява	60	0,70	0,68	0,06	0,019	0,02
Червона	60	0,75	0,74	0,05	0,016	0,01
Скарлет	60	0,60	0,58	0,07	0,021	0,04
Кучерява	90	1,10	1,08	0,08	0,024	0,00
Червона	90	1,15	1,12	0,07	0,022	0,00
Скарлет	90	1,00	0,98	0,09	0,027	0,01

Дослідження через 60 діб росту рослин показує, що на цьому етапі сорт капусти кале Червона продовжує демонструвати найкращі показники площі асиміляційної поверхні (0,74 м²/росл.), хоча різниця з сортом Кучерява становить 0,06 м²/росл. Стандартне відхилення зменшується, що свідчить про більшу стабільність у наростанні вегетативної маси рослин у порівнянні з попереднім етапом. Р-значення для всіх варіантів на 60-й добу змінюються від 0,01 до 0,04, що свідчить про статистичні відмінності між сортами капусти. Найменше р-значення вказує на більш значущі відмінності між сортом Червона та іншими.

Досліджено, що на 90-й добу капуста кейл сорту Червона мала листову поверхню найбільшу (1,12 м²/росл.), потім сорт Кучерява (1,08 м²/росл.) і сорт Скарлет (0,98 м²/росл.). Усі сорти капусти кейл на 90-й добу вегетації мають найбільші значення листової поверхні, що відповідає максимальному етапу розвитку рослин. Стандартне відхилення залишається відносно низьким, що показує відносну стабільність результатів серед різних рослин у кожному сорті. Р-значення для 90-ї доби коливаються від 0,00 до 0,01, що вказує на статистично значущі відмінності між всіма трьома капустами, особливо між Червона і Скарлет.

Капуста кейл сорту Кучерява демонструвала середні значення за всіма морфометричними показниками і на 90-у добу вегетації її розміри були близькими до показників сорту Червона, хоча й поступалися їм не суттєво. Сорт

Скарлет мав найменшу листову площу на всіх етапах спостереження, що може свідчити про нижчий рівень ростової активності порівняно з іншими.

Таким чином, капуста Червона була найпродуктивніша і мала найвищі значення листової поверхні на всіх етапах розвитку, що може свідчити про більшу фотосинтетичну активність і потенціал до формування високого врожаю. Сорт Кучерява була порівняно до сорту Червона менш продуктивна, але найменші показники отримані у сорту Скарлет, яка мала найменший потенціал для формування великої листової маси.

Продуктивною частиною капусти кайл є молоді, добре розвинені листки і врожай з рослини. Товарний врожай капусти кейл на 30 добу становив 12,8 т/га, що більше, ніж у сорту Кучерява 11,9 т/га та в сорту Скарлет 10,7 т/га (табл. 3).

Табл. 3. Урожайність капусти кейл на різних етапах росту рослин, т/га, 2022–2024 рр.

Сорт	Вік рослини (діб)	Урожайність (т/га)	Середнє значення урожайності (т/га)	Стандартне відхилення (SD)	Стандартна помилка (SE)	p-значення (Тест Т)
Кучерява	30	12,5	11,9	1,0	0,32	0,05
Червона	30	13,0	12,8	0,8	0,26	0,04
Скарлет	30	11,0	10,7	1,1	0,34	0,06
Кучерява	60	25,0	24,5	1,5	0,45	0,03
Червона	60	26,5	26,2	1,2	0,38	0,02
Скарлет	60	22,0	21,8	1,3	0,42	0,05
Кучерява	90	40,0	39,5	2,0	0,60	0,01
Червона	90	42,5	42,0	1,8	0,57	0,00
Скарлет	90	38,0	37,5	2,2	0,66	0,02

Стандартне відхилення для всіх варіантів на 30-у добу порівняно незначне, що вказує про невелику варіативність урожайності серед рослин. Р-значення для всіх на 30-у добу змінюються від 0,04 до 0,06, що вказує на статистичні відмінності між варіантами, хоча ці відмінності не є дуже суттєвими на цьому етапі розвитку.

Досліджено, що врожайність на 60-у добу була в сорту Червона – 26,2 т/га, сорту Кучерява – 24,5 т/га, а в сорту Скарлет – 21,8 т/га. Стандартне відхилення зростає порівняно з 30-ю добою, що може вказувати на більшу варіативність результатів. Р-значення для сорту Червона (0,02) свідчить про статистично значущу різницю між ним та іншими варіантами, тоді як для інших (0,03–0,05) відмінності є менш значущими.

Експериментально встановлено, що на 90-у добу капуста сорту Червона має найбільшу врожайність зеленої маси (42,0 т/га), що на 2,5 і 4,5 т/га більше, ніж у сорту Кучерява (39,5 т/га) і сорту Скарлет (37,5 т/га). Стандартне

відхилення на 90-у добу є найвищим серед усіх етапів для кожного варіанту, що свідчить про більшу варіативність урожайності. Р-значення для всіх досліджуваних варіантів на 90-у добу варіюються від 0,00 до 0,02, що вказує на статистично значущі відмінності між ними.

Серед досліджуваних культиварів капусти кейл найвищу врожайність на всіх етапах розвитку забезпечував сорт Червона. Уже на 30-й добу вегетації його показники суттєво перевищували інші варіанти, і ця перевага зберігалася як на 60-у, так і на 90-у добу, що вказує на високу ефективність для інтенсивного вирощування.

Сорт Кучерява посідав друге місце за рівнем урожайності. Хоча він поступався сорту Червона, відзначався стабільною динамікою приросту врожайної маси з незначними варіаціями між фазами розвитку. Сорт Скарлет мав найнижчі показники урожайності на кожному з контрольних етапів. Відставання було сталим і не мало тенденції до скорочення, що свідчить про нижчий біопродуктивний потенціал в умовах закритого ґрунту.

Отже, сорт Червона продемонстрував найвищу врожайність на всіх етапах розвитку, що визначає його як найбільш перспективний для інтенсивного вирощування.

Аналіз біохімічного складу капусти кейл показав, що вміст білка в товарній частині варіювався від $3,5 \pm 0,2$ % у сорту Кучерява до $4,0 \pm 0,2$ % у сорту Скарлет, що на 14,3 % вище ($p < 0,05$), а в сорту Червона відмічено $3,8 \pm 0,3$ %. Встановлено, що вміст жиру становив 0,9–1,1 %, статистично значущих відмінностей між варіантами не встановлено ($p > 0,05$). Вміст жиру не мав достовірних відмінностей ($p > 0,05$), що свідчить про відносно стабільний рівень цього компонента у досліджених варіантах (табл. 4).

Вуглеводи мали достовірні варіації ($p < 0,05$), де найнижчий рівень ($6,5 \pm 0,3$ %) спостерігався у Кучерявої, а найвищий ($7,1 \pm 0,3$ %) – у Скарлет, що на 9,2 % більше, а у Червона проміжне значення – $6,8 \pm 0,2$ % (табл. 4).

Табл. 4. Біохімічний склад капусти кейл, 2022–2024 рр.

Показник	Кучерява	Червона	Скарлет	р-значення
Білки, %	$3,5 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,2$	$<0,05$
Жири, %	$0,9 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$>0,05$
Вуглеводи, %	$6,5 \pm 0,3$	$6,8 \pm 0,2$	$7,1 \pm 0,3$	$<0,05$
Клітковина, %	$2,7 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,2$	$<0,05$
Фенольні сполуки, мг/100 г	$45,2 \pm 2,1$	$48,1 \pm 2,4$	$50,5 \pm 2,3$	$<0,05$
Вітамін С, мг/100 г	$90,3 \pm 3,2$	$95,1 \pm 3,5$	$98,7 \pm 3,6$	$<0,05$
Антиоксидантна активність, $\mu\text{mol TE}/100 \text{ г}$	$15,2 \pm 0,5$	$16,5 \pm 0,6$	$17,1 \pm 0,5$	$<0,05$

Досліджено, що вміст клітковини також показав значні відмінності ($p < 0,05$), де в сорту Скарлет ($3,2 \pm 0,2$ %) він був на 18,5 % вищим, ніж у сорту Кучерява ($2,7 \pm 0,2$ %) і Червона – $3,0 \pm 0,2$ %.

Вміст фенольних сполук варіював у межах $45,2 \pm 2,1$ мг/100 г (Кучерява) – $50,5 \pm 2,3$ мг/100 г (сорт Скарлет), що становить приріст у 11,7 % ($p < 0,05$), у сорту Червона за цим показником $48,1 \pm 2,4$ мг/100г.

Вміст вітаміну С коливався від $90,3 \pm 3,2$ мг/100 г (сорт Кучерява) до $98,7 \pm 3,6$ мг/100 г (сорт Скарлет), а в сорту Червона – $95,1 \pm 3,5$ мг/100 г різниця статистично значуща ($p < 0,05$). Антиоксидантна активність ($\mu\text{mol TE}/100 \text{ г}$) мала найвищий показник у сорту Скарлет ($17,1 \pm 0,5$), що на 12,5 % більше, ніж у сорту Кучерява ($15,2 \pm 0,5$) ($p < 0,05$).

Найвищі значення основних біохімічних показників визначено у капусти кейл сорту Скарлет, тоді як найнижчі – у сорту Кучерява. За всіма проаналізованими показниками встановлено статистично достовірні відмінності ($p < 0,05$), зокрема за вмістом білка, вуглеводів, клітковини, фенольних сполук, вітаміну С і рівнем антиоксидантної активності. Зниження вмісту фенольних сполук і антиоксидантної активності у сорту Кучерява свідчить про її нижчу потенційну біологічну цінність порівняно з іншими культиварами капустами.

Таким чином, капусту кейл сорту Скарлет можна рекомендувати як найбільш поживний варіант з точки зору білкового складу, антиоксидантного потенціалу та загальної біохімічної цінності.

Висновки. Капуста кейл сортів Червона та Кучерява характеризуються найвищими показниками урожайності – 42,5 і 40,0 т/га на 90-у добу вегетації, що вказує на їх високий потенціал продуктивності у польових умовах. Сорт Червона відзначається максимальною середньою висотою рослин (60 см), найбільшою кількістю листків (30 шт.) і розвиненою листковою поверхнею ($1,12 \text{ м}^2/\text{рослину}$), що свідчить про добру вегетативну здатність й високу фотосинтетичну активність рослин. Сорт Кучерява забезпечує найвищу середню масу рослин на 90-у добу (250 г), що може вказувати на ефективне накопичення біомаси і добру адаптивність до умов вирощування.

Біохімічний аналіз вказує, що сорт Скарлет має найвищу поживну цінність серед досліджуваних варіантів. Зокрема, вміст білка у ньому становив $4,0 \pm 0,2$ %, що статистично перевищує відповідні показники у сортів Кучерява та Червона ($p < 0,05$). Вміст фенольних сполук у сорту Скарлет досягає $50,5 \pm 2,3$ мг/100 г, при цьому антиоксидантна активність – $17,1 \pm 0,5 \mu\text{mol TE}/100 \text{ г}$, що вказує про його підвищений функціональний потенціал у контексті здорового харчування. Крім того, вміст вітаміну С у цьому сорті становив $98,7 \pm 3,6$ мг/100 г, що на 9,3 % перевищує аналогічний показник у сорту Кучерява ($90,3 \pm 3,2$ мг/100 г) та підтверджує високий антиоксидантний статус сорту Скарлет. Вміст жиру в досліджених зразках варіював у межах 0,9–1,1 % і відмінності між варіантами за цим показником були статистично незначущими ($p > 0,05$), що дозволяє відмітити про відносну стабільність ліпідного профілю.

Література:

1. Hahn C., Franzaring J., Zeller S., Fritz M., Fangmeier A. Diversity of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*): glucosinolate content and phylogenetic relationships. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Vol. 64. № 16. P. 3215–3225.

2. Khalid W., Pudziuelyte L., Fotiadou R., Christodoulou M., Apollonio F., Pappas C., Anastasopoulou A., Skotti E., Detsi A. Industrial applications of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) as a functional ingredient: A review. *International Journal of Food Properties*. 2023. Vol. 26. № 1. P. 489–501.
3. Schmidt S., Zietz M., Schreiner M., Rohn S., Kroh L. W., Krumbein A. Genotypic and climatic influences on the concentration and composition of flavonoids in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Food Chemistry*. 2010. Vol. 119. № 4. P. 1293–1299.
4. Mageney V., Baldermann S., Albach D. C. Intraspecific variation in carotenoids of *Brassica oleracea* var. *Sabellica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Vol. 64. № 16. P. 3251–3257.
5. Podda A., Pollastri S., Bartolini P., Pisuttu C., Pellegrini E., Nali C., Maserti B. Drought stress modulates secondary metabolites in *Brassica oleracea* L. convar. *Acephala* (DC) Alef, var. *Sabellica* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 99. № 12. P. 5533–5540.
6. Olsen H., Grimmer S., Aaby K., Saha S., Borge G. I. A. Antiproliferative effects of fresh and thermal processed green and red cultivars of curly kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. Vol. 60. № 30. P. 7375–7383.
7. Krawczyk K. K., Posyniak M., Fijałkowski K., Szufa S., Dobrzyńska-Inger M., Smoleń S. Kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*) biofortified with iodoquinolines: Effectiveness of enriching with iodine and influence on chemical composition. *Scientia Horticulturae*. 2024. Vol. 323. Article 112519.
8. Zietz M., Schreiner M., Rohn S., Kroh L. W., Krumbein A. Genotypic and climatic influence on the antioxidant activity of flavonoids in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58. № 4. P. 2123–2130.
9. Šamec D., Kruk V., Ivanišević P. Influence of seed origin on morphological characteristics and phytochemicals levels in *Brassica oleracea* var. *Acephala*. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. № 9. Article 502.
10. Olsen H., Aaby K., Borge G. I. A. Characterization and quantification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in curly kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*) by HPLC–DAD–ESI–MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. Vol. 57. № 7. P. 2816–2825.
11. Rachwał K., Wiśniewska J., Królicka A., Domžalska L., Janeczko Z. Red Kale (*Brassica oleracea* L. ssp. *acephala* L. var. *sabellica*) induces apoptosis in human colorectal cancer cells in vitro. *Molecules*. 2023. Vol. 28. № 19. Article 6938.
12. Kuntz S., Kunz C. Extracts from *Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica* inhibit TNF- α stimulated neutrophil adhesion in vitro under flow conditions. *Food & Function*. 2014. Vol. 5. № 6. P. 1082–1090.
13. Fiol M., Gleis M., Linseisen J., Kulling S. Highly glycosylated and acylated flavonols isolated from kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) – structure–antioxidant activity relationship. *Food Research International*. 2012. Vol. 47. № 1. P. 80–89.
14. Fiol, Michaela, et al. "Highly glycosylated and acylated flavonols isolated from kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) – Structure–antioxidant activity relationship. *Food Research International*. 2012. №47.1. P. 80–89.

15. ДСТУ 7250 : 2018. Методи агрохімічного аналізу ґрунтів. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2018. 56 с.
16. ДСТУ 7200 : 2013. Технічні вимоги до вирощування овочів у закритому ґрунті. [Чинний від 2014-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2013. 42 с.
17. ДСТУ ISO 11269–1 : 2016. Методи визначення врожайності рослин у польових умовах. [Чинний від 2017-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2016. 74 с.
18. Кравченко В. А., Сич З. Д., Корнієнко С. І. та ін. Селекція овочевих рослин: теорія і практика / за ред. В. А. Кравченка, З. Д. Сича. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2013. 362 с.
19. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур / за ред. Т. К. Горової, І. І. Яковенка. Харків, 2001. 641 с.
20. Методичні рекомендації. Підвищення економічної ефективності виробництва овочів, баштану та насіння овочевих і баштанних культур на засадах внутрішньогосподарського розрахунку / за ред. Г. І. Ярового Харків: Інститут овочівництва і баштанництва УААН, 2008. 23 с.

References:

1. Hahn, C., Franzaring, J., Zeller, S., Fritz, M., Fangmeier, A. (2016). Diversity of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*): Glucosinolate content and phylogenetic relationships. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, no. 64(16), pp. 3215–3225. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00383>
2. Khalid, W., Pudziuvelyte, L., Fotiadou, R., Christodoulou, M., Apollonio, F., Pappas, C., Anastasopoulou, A., Skotti, E., Detsi, A. (2023). Industrial applications of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) as a functional ingredient: A review. *International Journal of Food Properties*, no. 26(1), pp. 489–501. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2188554>
3. Schmidt, S., Zietz, M., Schreiner, M., Rohn, S., Kroh, L. W., Krumbein, A. (2010). Genotypic and climatic influences on the concentration and composition of flavonoids in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Food Chemistry*, no. 119(4), pp. 1293–1299.
4. Mageney, V., Baldermann, S., Albach, D. C. (2016). Intraspecific variation in carotenoids of *Brassica oleracea* var. *sabellica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, no. 64(16), pp. 3251–3257.
5. Podda, A., Pollastri, S., Bartolini, P., Pisuttu, C., Pellegrini, E., Nali, C., & Maserti, B. (2019). Drought stress modulates secondary metabolites in *Brassica oleracea* L. convar. *Acephala* (DC) Alef, var. *Sabellica* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, no. 99(12), pp. 5533–5540.
6. Olsen, H., Grimmer, S., Aaby, K., Saha, S., Borge, G. I. A. (2012). Antiproliferative effects of fresh and thermal processed green and red cultivars of curly kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, no. 60(30), pp. 7375–7383.
7. Krawczyk, K. K., Posyniak, M., Fijałkowski, K., Szufa, S., Dobrzyńska-Inger, M., Smoleń, S. (2024). Kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*) biofortified with iodoquinolines: Effectiveness of enriching with iodine and influence on chemical composition. *Scientia Horticulturae*, no. 323, 112519.

8. Zietz, M., Schreiner, M., Rohn, S., Kroh, L. W., & Krumbein, A. (2010). Genotypic and climatic influence on the antioxidant activity of flavonoids in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, no. 58(4), pp. 2123–2130.
9. Šamec, D., Kruk, V., Ivanišević, P. (2019). Influence of seed origin on morphological characteristics and phytochemicals levels in *Brassica oleracea* var. *acephala*. *Agronomy*, no. 9(9), pp. 502.
10. Olsen, H., Aaby, K., Borge, G. I. A. (2009). Characterization and quantification of flavonoids and hydroxycinnamic acids in curly kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*) by HPLC–DAD–ESI–MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, no. 57(7), pp. 2816–2825.
11. Rachwał, K., Wiśniewska, J., Królicka, A., Domžalska, L., Janeczko, Z. (2023). Red kale (*Brassica oleracea* L. ssp. *acephala* L. var. *sabellica*) induces apoptosis in human colorectal cancer cells *in vitro*. *Molecules*, no. 28(19), 6938.
12. Kuntz, S., Kunz, C. (2014). Extracts from *Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica* inhibit TNF- α stimulated neutrophil adhesion *in vitro* under flow conditions. *Food & Function*, 5(6), 1082–1090.
13. Fiol, M., Glej, M., Linseisen, J., Kulling, S. (2012). Highly glycosylated and acylated flavonols isolated from kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*)—Structure–antioxidant activity relationship. *Food Research International*, no. 47(1), pp. 80–89.
14. Fiol, Michaela, et al. (2012). Highly glycosylated and acylated flavonols isolated from kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) – Structure–antioxidant activity relationship." *Food Research International*, no. 47.1, pp. 80–89.
15. DSTU 7250:2018. (2018). *Methods of agrochemical soil analysis* [Valid from 2019-01-01]. Kyiv: State Standard of Ukraine. 56 p. [in Ukrainian].
16. DSTU 7200:2013. (2013). *Technical requirements for vegetable cultivation in protected ground* [Valid from 2014-07-01]. Kyiv: State Standard of Ukraine. 42 p. [in Ukrainian].
17. DSTU ISO 11269–1:2016. (2016). *Methods for determining crop yield under field conditions* [Valid from 2017-07-01]. Kyiv: State Standard of Ukraine. 74 p. [in Ukrainian].
18. Kravchenko V. A., Sych Z. D., Korniienko S. I. Et al (2013). Breeding of vegetables plants. Vinnytsia : Nilan-LTD. 362 p. [in Ukrainian].
19. Horova, T. K., Yakovenko, I. I. (Eds.). (2001). Modern methods of vegetable and melon crop breeding. Kharkiv. [in Ukrainian].
20. Yarovyi, H. I. (Ed.). (2008). Methodical recommendations for increasing economic efficiency in vegetable, melon, and seed production. Kharkiv: Institute of Vegetable and Melon Growing of UAAS. [in Ukrainian].

Annotation

Kovtuniuk, Z. I., Polishchuk T. V., Yatsenko O. A., Rohalskyi S. V.

Biometric Indicators and Yield of Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) under Protected Cultivation

Objective. A comparative assessment and comprehensive study of the morphometric parameters and yield of kale plants grown under protected conditions.

Methods. Field, measurement, calculation-comparative, laboratory, analytical, and statistical methods.

Results. The cultivar Chervona demonstrated the highest average plant height (60 cm), the greatest number of leaves (30 pcs.), and a well-developed leaf area (1.12 m² per plant), indicating strong vegetative growth and high photosynthetic activity. The cultivar Kucheryava had the highest average plant mass on the 90th day (250 g), which suggests effective biomass accumulation and good adaptability to cultivation conditions.

Among the studied kale cultivars, Chervona showed the highest yield at all stages of development. As early as the 30th day of vegetation, its indicators significantly exceeded those of other cultivars, and this advantage persisted on the 60th and 90th days, indicating its high suitability for intensive cultivation. Biochemical analysis showed that the Scarlet cultivar had the highest nutritional value among the studied variants. In particular, its protein content was $4.0 \pm 0.2\%$, which was statistically higher than that of Kucheryava and Chervona ($p < 0.05$). The phenolic compound content in Scarlet reached 50.5 ± 2.3 mg/100 g, and its antioxidant activity was 17.1 ± 0.5 μ mol TE/100 g, indicating enhanced functional potential in the context of healthy nutrition. Furthermore, the vitamin C content in this cultivar was 98.7 ± 3.6 mg/100 g, which is 9.3% higher than in Kucheryava (90.3 ± 3.2 mg/100 g), confirming Scarlet's high antioxidant status. The fat content in the analyzed samples ranged from 0.9% to 1.1%, and the differences among cultivars were statistically insignificant ($p > 0.05$), indicating relative stability of the lipid profile.

Conclusions. The kale cultivars Chervona and Kucheryava exhibited the highest yield indicators – 42.5 and 40.0 t/ha, respectively, on the 90th day of vegetation – demonstrating their high productivity potential under field conditions.

Key words: variety, productivity, height, number of leaves, nutrient content.