

ФОРМУВАННЯ ПЛОЩІ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ, ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ВРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ ОГІРКА ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

МЕДОНЧАК О.В. – аспірант

orcid.org/0009-0007-1065-7558

Миколаївський національний аграрний університет

ХОНЕНКО Л.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-5365-8768

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Огірок посівний (*Cucumis sativus* L.) є однією з основних овочевих культур, попит на яку в Україні зберігається стабільно високим упродовж усього року. У південних областях країни основним способом його вирощування у відкритому ґрунті є краплинне зрошення, оскільки без штучного зволоження отримати конкурентоспроможний урожай тут практично неможливо. Проте останні десятиліття позначилися помітною зміною погодних умов регіону: подовжилися бездошові періоди, зросла кількість днів із критично високими температурами, а гідротермічний коефіцієнт дедалі частіше опускається нижче межі, за якою рослини зазнають вираженого теплового й водного стресів.

Кінцевий збір плодів огірка безпосередньо залежить від того, наскільки потужним і тривалим буде сформовано листковий апарат посіву та як ефективно він здатен перетворювати поглинуту енергію на господарсько цінну продукцію. Тому оцінка площі листкової поверхні, тривалості її активної роботи, фотосинтетичного потенціалу й коефіцієнта використання листків набуває першочергового практичного значення. За умов, коли навіть регулярні поливи не знімають повністю навантаження від перегріву та повітряної посухи, актуальним стає пошук таких заходів, які підтримували б функціональну активність рослин і забезпечували перерозподіл асимілятів на користь плодоношення. До них належать сучасні біопрепарати та хелатні мікродобрива, а також обґрунтований добір гібридів із високою адаптивністю.

Не менш важливо, що саме лише збільшення листкового апарату не гарантує пропорційного зростання врожаю. За несприятливого співвідношення між донорною (листки) і акцепторною (плоди) сферами рослина може нарощувати вегетативні органи на шкоду генеративним, тому в практичному овочівництві потрібні кількісні орієнтири, які пов'язують параметри асиміляційного апарату з фактичною продуктивністю конкретних гібридів за певних погодних умов. Саме брак таких підходів для зрошуваного огірка в Степу й визначає прикладну значущість цієї роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роль листкового апарату у формуванні врожаю овочевих культур розглядають у численних дослідженнях. Для огірка за

краплинного зрошення встановлено, що найвищі значення індексу листкової поверхні (LAI) досягаються не за повного, а за помірно обмеженого водозабезпечення: за режиму, що відповідає 85% польової вологоємності, LAI сягав 3,21 м²/м², тоді як повний полив не забезпечував додаткового приросту площі листків [1]. Оптимальний для фотосинтезу й продуктивності огірка діапазон LAI у захищеному ґрунті визначено на рівні, за якого нижні яруси листків ще не потрапляють у суцільне взаємне затінення [2]. Водночас надмірне наростання листкової маси на ранніх фазах здатне навіть знижувати кінцевий збір плодів через перерозподіл ресурсів на вегетативний ріст [3].

Дефіцит вологи й підвищені температури закономірно зменшують площу листків, інтенсивність фотосинтезу та, як наслідок, урожайність огірка, причому реакція різних сортів і гібридів на стрес неоднакова [4, 5]. Вітчизняні автори підтверджують, що продуктивність культури значною мірою зумовлена генотипом та погодними умовами вегетації [6], а клімат є одним із головних чинників формування врожаю овочів в Україні [7]. Позитивний вплив біологічно активних препаратів і мікроелементів на ростові процеси, енергію проростання, засвоєння азоту та формування структурних елементів урожаю огірка визначено рядом авторів [8–11]. Ефективність органічних, гумінових і нанодобрив у поліпшенні живлення культури також підтверджено експериментальними дослідженнями [12, 13]. Господарську цінність сучасних партенокарпічних гібридів огірка та зонально адаптовані технологічні заходи в овочівництві висвітлено у працях селекціонерів і технологів [14, 15].

Разом із тим більшість даних наведених досліджень або зосереджені на окремому чиннику – режимі зрошення, сорті чи виді добрива, або виконані в умовах захищеного ґрунту, що не дає змоги прямо перенести їхні висновки на польове виробництво огірка в посушливому Степу. Практично поза увагою залишається питання про те, як саме співвідносяться між собою площа листків, тривалість їх роботи та питома віддача за одночасної взаємодії гібрида, біопрепарату й мікродобрива, і який із цих показників найнадійніше прогнозує кінцевий урожай у роки з різким контрастом зволоження. Саме на



з'ясування цих зв'язків і спрямовано дану публікацію.

Попри значний обсяг накопичених даних, комплексного вивчення добору гібрида, біопрепарату й мікродобрива, що одночасно впливає на площу листової поверхні, коефіцієнт її використання, фотосинтетичний потенціал і врожайність плодів огірка за краплинного зрошення у Південному Степу України, досі бракує. Особливо мало відомостей про відмінності цих показників у роки з контрастними гідротермічними умовами, коли важливо розмежувати внесок кліматичного та агротехнічного чинників.

Метою статті є визначення закономірностей формування площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, коефіцієнта використання листового апарату та врожайності гібридів огірка Кібрія F1 і Мадейра F1 залежно від застосування біопрепаратів і мікродобрив за краплинного зрошення в умовах Південного Степу України, а також в обґрунтуванні більш доцільного поєднання цих елементів технології для періодів вегетації із неоднаковим рівнем зволоження.

Матеріали та методика досліджень. Польовий дослід проводили впродовж 2023–2025 рр. у Навчально-науково-практичному центрі (ННПЦ) Миколаївського національного аграрного університету (МНАУ). Схемою передбачили одночасне вивчення чотирьох чинників. Фактором А слугував гібрид огірка (Кібрія F1 та Мадейра F1), фактором В – біопрепарат (без обробки – контроль, Азотофіт, Органік-баланс), фактором С – мікродобриво (без внесення – контроль, Росток огірки, Квантум ПЛАТИНУМ) та фактор D – стандарт вибірки, або режим збирання плодів (SS – пікулі, LS – корнішони, TR – зеленці). Рослини розміщували за схемою 200×26,5 см, що відповідає густоті 20300 шт./га; сезонна поливна норма за краплинного зрошення становила 4100–4400 м³/га.

Площу листової поверхні визначали розрахунково-ваговим методом із перерахунком на одиницю площі посіву (тис. м²/га). Фотосинтетичний потенціал обчислювали як добуток середньої за вегетацію площі листків на тривалість їх активного функціонування, яка за роками становила 62, 55 і 58 діб відповідно. Коефіцієнт використання листової поверхні розраховували як відношення врожайності плодів до площі листків (т/тис. м²/га). Урожайність обліковували за трьома товарними стандартами – пікулі (SS), корнішони (LS) і зеленці (TR) – з подальшим підсумовуванням. Тісноту зв'язку між ознаками оцінювали методами кореляційного аналізу. Погодні умови років в період вегетації різнилися: 2023-й був відносно сприятливим (ГТК 0,48–0,52), 2024-й – екстремально посушливим і спекотним (ГТК 0,25–0,28, максимум +41,6°C), 2025-й – помірно посушливим (ГТК 0,32–0,38, максимум +39,6°C).

Спостереження та обліки проводили в динаміці відповідно до основних фаз розвитку рослин, а показники асиміляційного апарату аналізували у взаємозв'язку з підсумковою врожайністю кожного варіанта дослідів. Для кількісної характеристики залежності площі листків від погодних умов використовували коефіцієнт кліматичної чутливості, що характеризує відносну зміну листової поверхні на одиницю зміни гідротермічного коефіцієнта. Порівняння гібридів, біопрепаратів і мікродобрив

виконували за середніми по варіантах і по факторах значеннями, а також за розмахом ознак між крайніми показниками варіантів, що дало змогу розмежувати внесок кліматичного та агротехнічного чинників у формування продуктивності посіву.

Результати досліджень. Аналіз трирічних даних показав, що абсолютний рівень площі листової поверхні огірка формується насамперед під тиском погодних умов вегетації, тоді як засоби живлення виконують роль коригувального чинника. Найбільший листовий апарат обидва гібриди формували у сприятливому 2023 р., а найменший – у посушливому 2024 р.

Наростання листової поверхні впродовж вегетації мало типовий S-подібний характер із чотирма послідовними фазами. У перші три тижні після сходів рослини нарощували переважно кореневу систему, а площа листків залишалася незначною. У фазі активного росту (4–6-й тижні) вона збільшувалася майже лінійно, після чого на 7–10-му тижнях досягала максимуму, який збігався з початком і масовим ходом плодоношення. У кращому за живленням варіанті (Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ) площа листків гібриду Кібрія F1 знижувалася з 35,91 до 26,29 тис. м²/га, тобто на 26%, а у гібриду Мадейра F1 – з 33,85 до 24,78 тис. м²/га (табл. 1).

Розрахований коефіцієнт кліматичної чутливості листового апарату склав біля 9–11% на кожні 0,1 одиниці ГТК, що дещо менше за відповідного показника для врожайності й пояснюється частковою адаптацією листків через зменшення їхнього розміру та ущільнення хлоропластів.

Різниця між максимальним і мінімальним рівнями площі листків становила 12,62 тис. м²/га у гібриду Кібрія F1 та 11,90 тис. м²/га у гібриду Мадейра F1, що в обох випадках відповідає 54,2%. Практично повний збіг відносного розмаху свідчить про однотипну структуру реакції листового апарату на несприятливі умови незалежно від генотипу. У 2025 р. площа листків досягала до 84–85% рівня 2023-го, тобто краплинне зрошення за помірно посухи спрацювало як частковий буфер, стримавши повторний спад, характерний для 2024 р. Внесок окремих агрозаходів був стабільним: перехід від контролю до Органік-балансу збільшував площу листків у середньому на 7,0–7,7%, а застосування Квантум ПЛАТИНУМ додавало ще 5,5–5,6%. Позитивна дія бактеріального препарату зумовлена синтезом ауксинів штамми *Azospirillum brasilense*, що прискорюють розтягнення клітин мезофілу, та поліпшенням азотного живлення за участю *Bacillus subtilis*; хелатні мікродобрива цинк і марганець, у свою чергу, є кофакторами синтезу ауксинів і компонентами фотосистеми II.

Порівняння гібридів виявило стійку генотипову особливість: рослини гібриду Кібрія F1 формували на 5–8% більшу площу листків завдяки крупнішій листовій пластинці, і ця перевага не нівелювалася агрофоном. Проте більший листовий апарат не забезпечував формування пропорційно вищого збору плодів. Основою до розуміння цієї невідповідності слугує коефіцієнт використання листової поверхні, який відображає, скільки продукції припадає на одиницю площі листків.

Найпоказовішим виявився обернений зв'язок між абсолютною площею листків і ефективністю її використання

Таблиця 1

Площа листової поверхні огірка у фазу масового плодоношення залежно від гібрида, року вирощування та засобів обробки, тис. м²/га

Гібрид (фактор А)	Засоби обробки (фактори Б + С)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Кібрія F1	контроль – обробка водою	31,81	23,29	26,98	27,36
	Азотофіт + Росток огірки	33,60	24,59	28,50	28,90
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	35,91	26,29	30,46	30,89
	Середнє по гібриду	33,76	24,71	28,64	29,03
Мадейра F1	контроль – обробка водою	29,98	21,95	25,43	25,79
	Азотофіт + Росток огірки	31,65	23,18	26,86	27,23
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	33,85	24,78	28,71	29,11
	Середнє по гібриду	31,81	23,29	26,98	27,25

Примітка. Складено за результатами власних досліджень.

Таблиця 2

Коефіцієнт використання площі листової поверхні огірка залежно від гібрида, року вирощування та засобів обробки, т/тис. м²/га

Гібрид (фактор А)	Засоби обробки (фактори Б + С)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Кібрія F1	контроль – обробка водою	1,273	1,089	0,989	1,128
	Азотофіт + Росток огірки	1,396	1,213	1,099	1,246
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	1,472	1,345	1,217	1,352
	Середнє по гібриду	1,376	1,213	1,099	1,239
Мадейра F1	контроль – обробка водою	1,505	1,342	1,217	1,364
	Азотофіт + Росток огірки	1,603	1,492	1,325	1,480
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	1,712	1,623	1,471	1,607
	Середнє по гібриду	1,603	1,484	1,343	1,490

Примітка. КВП = врожайність плодів / площа листової поверхні. Складено за результатами власних досліджень.

у розрізі років. У гібриду Кібрія F1 найвищий середній коефіцієнт (1,376 т/тис. м²/га) визначено саме у 2023 р. з максимальною площею листового апарату, а в 2025 р. за меншої площі листків – він знижувався до 1,099 т/тис. м²/га, хоча в окремих варіантах наближався до рівня сприятливого сезону. Зумовлено це переважанням вегетативного споживання асимілятів: за достатнього зволоження партенокарпічні гібриди спрямовують до чверті продуктів фотосинтезу на утворення нових листків і пагонів, тимчасом як за помірного водного дефіциту рослина перерозподіляє їх на користь плодів (табл. 2).

Отже, сприятливий рік забезпечив найбільшу площу листової поверхні, але не найвищу питому віддачу.

Стабільною ознакою впродовж усіх трьох років вирощування була перевага гібриду Мадейра F1 за коефіцієнтом використання листків – у середньому на 16–22% залежно від варіанта й року. За контрольного фону вона переважала гібрид Кібрія F1 на 0,238 т/тис. м²/га, за оптимального – на 0,257 т/тис. м²/га. Показово, що в найжорсткіших умовах 2024 р. відносна перевага гібриду Мадейра навіть зростала, а розмах коефіцієнта між варіантами розширювався до 0,281 т/тис. м²/га проти 0,256 у гібриду Кібрія. Це прямо вказує на антистресову функцію препаратів: за дефіциту вологи вони не лише частково компенсують втрату листового апарату,

а й розблоковують ефективність її площі використання через активацію ауксинового та цитокінінового сигналіну у флоємі. Таким чином, гібриди реалізують різні донорно-акцепторні стратегії – гібрид Кібрія F1 тяжіє до вегетативної (масивний листовий апарат), а гібрид Мадейра F1 – до репродуктивної (компактні, але ефективні листки).

Завершальна фаза супроводжувалася поступовим спадом площі листків через відмирання нижніх ярусів. Саме тривалість третьої фази й швидкість переходу до четвертої визначали, наскільки довго посів утримував високу асиміляційну активність, і саме на цих етапах найпомітніше проявлялася підтримувальна дія біопрепаратів і мікродобрив, які відтермінували старіння листового апарату.

Інтегральним відображенням роботи листового апарату є фотосинтетичний потенціал посіву, який поєднує абсолютну площу листків із тривалістю їх функціонування (табл. 3).

Оскільки в стресовому сезоні одночасно зменшується і площа листків, і період їх активної роботи, розмах цього показника між роками перевищує коливання самої лише листової поверхні. Максимальним значення фотосинтетичного потенціалу (2226 тис. м²·діб/га) отримано у 2023 р. у гібриду Кібрія F1 за поєднання Органік-балансу з Квантум ПЛАТИНУМ, а мінімальне

(1207 тис. м²·діб/га) – у 2024 р. у гібриду Мадейра F1 без застосування препаратів. Різниця між ними склала 84,4%. Таке істотне зменшення зумовлене поєднаною дією двох процесів: скороченням площі листової поверхні на 27–35% та зменшенням тривалості активного функціонування листового апарату на сім днів через прискорене відмирання нижніх листків в умовах теплового стресу. У 2025 р. потенціал частково відновився, досягнувши 72–79% від рівня 2023 р. Кореляційний аналіз підтвердив тісний позитивний зв'язок фотосинтетичного потенціалу з урожайністю ($r = 0,91–0,96$ залежно від гібрида), що дає підстави розглядати цей показник як надійний інтегральний індикатор продуктивності посіву.

Зіставлення чутливості окремих ознак до фону погодних умов виявило важливу для практики відмінність. Площа листків реагувала на зниження гідротермічного коефіцієнта дещо слабкіше (9–11% на 0,1 одиниці ГТК), ніж урожайність, оскільки листки частково пристосовуються до нестачі вологи через зменшення розміру та ущільнення тканин. Натомість фотосинтетичний потенціал знижувався найрізкіше, адже до втрати площі листків додавалося скорочення періоду їх активної роботи. Це означає, що в посушливі роки саме тривалість функціонування листового апарату, а не лише його розмір, стає лімітуючим чинником продуктивності, а підтримання листків у зеленому стані якомога довше набуває

вирішального значення. Роль краплинного зрошення при цьому подвійна: за помірної посухи воно ефективно буферує посів, утримуючи площу листків на рівні біля 85% сприятливого сезону, тоді як за екстремальних температур його буферна здатність істотно послаблюється і на перший план виходять біологізовані засоби живлення.

Закономірності, виявлені для асиміляційного апарату, послідовно позначилися й на кінцевому результаті – зборі плодів. Урожайність, усереднену за три роки й усіма товарними фракціями, наведено в таблиці 4.

Вона зростала в міру оптимізації технології, гібрид Мадейра F1 за кожним варіантом переважав гібрид Кібрія F1. За трирічними даними найменше плодів забезпечив абсолютний контроль гібриду Кібрія F1 (30,85 т/га), а найвищий – поєднання гібриду Мадейра F1 з Органік-балансом і Квантум ПЛАТИНУМ (46,79 т/га); різниця між крайніми варіантами сягнула майже 16 т/га. Серед біопрепаратів найвищу ефективність продемонстрував Органік-баланс, застосування якого забезпечило підвищення врожайності гібриду Кібрія F1 з 33,79 до 38,13 т/га, а гібриду Мадейра F1 – з 38,27 до 43,03 т/га. Серед мікродобрив найкращі результати отримано за використання мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ, за якого врожайність зросла до 39,14 та 43,86 т/га відповідно. Водночас встановлено, що варіант із максимальним фотосинтетичним потенціалом (гібрид Кібрія F1, 2023 р.) не забезпечив

Таблиця 3

Фотосинтетичний потенціал посіву огірка залежно від гібрида, року вирощування та засобів обробки, тис. м²·діб/га

Гібрид (фактор А)	Засоби обробки (фактори Б + С)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023–2025 рр.
Кібрія F1	контроль – обробка водою	1972	1281	1565	1606
	Азотофіт + Росток огірки	2083	1352	1653	1696
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	2226	1446	1767	1813
Мадейра F1	контроль – обробка водою	1859	1207	1475	1514
	Азотофіт + Росток огірки	1962	1275	1558	1598
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	2099	1363	1665	1709

Примітка. ФП = середня площа листової поверхні × тривалість активного листостояння (2023 р. – 62 доби, 2024 р. – 55 днів, 2025 р. – 58 днів). Складено за результатами власних досліджень.

Таблиця 4

Загальна середня врожайність плодів огірка (SS+LS+TR) за 2023–2025 рр. залежно від досліджуваних факторів, т/га

Гібрид (фактор А)	Біопрепарат (фактори Б)	Мікродобриво (фактор С)			Середнє за 2023–2025 рр.
		контроль	Росток огірки	Квантум ПЛАТИНУМ	
Кібрія F1	контроль – обробка водою	30,850	33,983	36,535	33,786
	Азотофіт	32,821	36,011	39,128	35,982
	Органік-баланс	34,223	38,420	41,757	38,130
Середнє по гібриду		32,630	36,139	39,138	35,969
Мадейра F1	контроль – обробка водою	35,175	38,501	41,136	38,267
	Азотофіт	37,450	40,311	43,650	40,550
	Органік-баланс	39,181	43,125	46,792	43,026
Середнє по гібриду		37,267	40,729	43,859	40,612

Примітка. Складено за результатами власних досліджень.

найвищої врожайності. Найвищі показники продуктивності сформував гібрид Мадейра F1, який, незважаючи на менший розвиток листкового апарату, ефективніше використовував асиміляти для формування врожаю плодів. Це підтверджує висновок, що оптимальним є не максимізація площі листків, а баланс між нею та коефіцієнтом її роботи впродовж вегетації.

Розподіл урожаю за товарними фракціями засвідчив, що в усі роки основну частку валового збору формували зеленці (TR), дещо меншою була віддача корнішонів (LS), а найнижчою – ранніх пікулів (SS). За трирічного усереднення збір фракції SS становив 28,48 т/га у гібриду Кібрія F1 і 33,14 т/га у гібриду Мадейра F1, фракції LS – відповідно 35,54 і 40,02 т/га, фракції TR – 43,90 і 48,68 т/га (табл. 5).

Характерно, що саме дрібна рання фракція виявилася найчутливішою до погодного стресу й найсильніше просідала у 2024 р., тоді як велика фракція зеленців була інерційнішою й навіть за екстремальних умов лишалася основою врожаю. Це узгоджується з динамікою асиміляційного апарату: рання продукція формується у період, коли листковий апарат ще наростає і найвразливіший до перегріву, а крупні плоди наливаються за вже сформованого фотосинтетичного потенціалу. Особливої уваги заслуговує поведінка показників у більш жорсткому за метеорологічними показниками 2024 році. Попри збереження загальної ієрархії варіантів, абсолютні значення площі листків, фотосинтетичного потенціалу та врожайності знизилися на третину й більше. Водночас відносна ефективність досліджуваних препаратів у цих умовах не лише не знизилася, а й зросла. Так, приріст урожайності за застосування Квантум ПЛАТИНУМ у гібрида Мадейра F1 збільшився з 13,7% у сприятливому 2023 р. до 15,3% у посушливому 2025 р., а діапазон значень коефіцієнта використання площі листкової поверхні між варіантами розширився до 0,281 т/тис. м²/га.

Динаміка врожайності за роками (табл. 6) засвідчила стабільність генотипової переваги гібрида Мадейра F1, який перевищував гібрид Кібрія F1 за врожайністю на 4,55 т/га у 2023 р., на 4,56 т/га у 2024 р. та на 4,80 т/га у 2025 р.; у середньому перевага становила 4,64 т/га, або 12,9%.

Найменша відносна перевага у сприятливих умовах та найбільша – за посушливих умов вегетації свідчать про вищу екологічну пластичність гібрида Мадейра F1, його здатність підтримувати стабільний рівень продукційного процесу за несприятливих погодних умов та ефективніше використовувати поливну воду й елементи живлення.

Отримані результати свідчать, що в умовах дефіциту вологи та підвищеного теплового навантаження біологізовані елементи технології виконують насамперед стабілізуювальну функцію, частково компенсуючи негативний вплив абіотичних чинників і забезпечуючи підтримання продукційного процесу.

Практичне значення виявленого антагонізму між площею листкової поверхні та коефіцієнтом її використання полягає в тому, що вибір гібрида та системи живлення доцільно орієнтувати не на максимальне нарощування вегетативної маси, а на підвищення продуктивності кожної одиниці листкової поверхні. У цьому контексті гібрид Мадейра F1, для якого характерна «репродуктивна» стратегія формування врожаю, краще відповідає умовам зрошуваного виробництва в Степу, ніж більш облиствлений гібрид Кібрія F1. Застосування біопрепарату Органік-баланс і мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ посилює цю перевагу, оскільки сприяє одночасно підтриманню формування та функціонування листкового апарату й ефективнішому транспортуванню асимілятів до плодів. Саме тому їх комплексне застосування на гібриді Мадейра F1 забезпечувало найбільш узгоджений результат за сукупністю досліджуваних показників – від формування площі листкової поверхні до рівня підсумкової врожайності.

Таблиця 5

Середня врожайність огірка за товарними фракціями (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Товарна фракція плодів (фактор С)	Гібрид (фактор А)		Різниця М–К, т/га (%)
	Кібрія F1 (К)	Мадейра F1 (М)	
Пікулі (SS)	28,48	33,14	+4,67 (16,4)
Корнішони (LS)	35,54	40,02	+4,48 (12,6)
Зеленці (TR)	43,90	48,68	+4,78 (10,9)
Разом (SS+LS+TR)	35,97	40,61	+4,64 (12,9)

Примітка. Складено за результатами власних досліджень.

Таблиця 6

Динаміка загальної середньої врожайності плодів огірка по гібридах і роках вирощування, т/га

Рік (характеристика сезону)	Кібрія F1	Мадейра F1	Різниця М–К, т/га (%)	ГТК сезону
2023 (сприятливий)	46,45	51,00	+4,55 (9,8)	0,48–0,52
2024 (екстремальна посуха)	29,99	34,55	+4,56 (15,2)	0,25–0,28
2025 (помірна посуха)	31,48	36,28	+4,80 (15,2)	0,32–0,38
2023–2025 (середнє)	35,97	40,61	+4,64 (12,9)	–

Примітка. Середнє по всіх варіантах досліду. ГТК – гідротермічний коефіцієнт. Складено за результатами власних досліджень.

Характер відновлення показників у 2025 році заслуговує на окрему увагу з погляду прогнозування. Після різкого спаду 2024 р. рослини не повернулися до рівня сприятливого сезону, але й не залишилися на кризовій позначці, а зайняли проміжне становище, причому темпи відновлення листового апарату та врожайності були близькими. Це свідчить про здатність партенокарпічних гібридів огірка до адаптивного відновлення за помірного стресу й підтверджує, що послідовність несприятливих років не призводить до кумулятивного виснаження посіву за умов збереження краплинного зрошення й біологізованого живлення. Для виробництва це означає, що навіть у нестабільних кліматичних умовах Степу запропонована технологічна модель забезпечує передбачуваний і відносно стійкий рівень формування плодів.

Отже, дані наведені у таблицях складаються в узгоджену картину. Кліматичний чинник домінує над агротехнічним за впливом на абсолютну величину площі листків і фотосинтетичного потенціалу, проте саме препарати визначають, наскільки повно наявний листовий апарат здатен реалізуватись в урожаї, причому їхня роль посилюється у стресові роки. Компактний, але високоефективний листовий апарат гібриду Мадейра F1 у поєднанні з біологізованою системою живлення характеризується продуктивнішим за стратегію нарощування максимальної листової поверхні.

Узагальнюючи результати трирічного дослідження, можна виокремити кілька стійких закономірностей. По-перше, різниця між роками за площею листків (понад 50%) багаторазово перевищувала ефект найоптимальнішої системи живлення (12–13%), тобто погодні умови залишаються головним регулятором розміру асиміляційного апарату, а краплинне зрошення лише пом'якшує, але не усуває його коливань. По-друге, у стресовому сезоні провідну роль перебирає агротехнічний чинник: саме за дефіциту вологи препарати найпомітніше підвищували коефіцієнт використання листків, тобто «розблоковували» ефективність уже сформованої листової поверхні. По-третє, гібриди стійко посідали різні якісні ніші – Кібрія F1 з більшою, але менш продуктивною листовою масою та Мадейра F1 з компактним, але ефективнішим апаратом. Нарешті, спільне застосування біопрепарату й мікродобрива давало мультиплікативний ефект, одночасно збільшуючи площу листків і підвищуючи віддачу кожної її одиниці, що й забезпечувало найвищий підсумковий збір плодів.

Висновки. Абсолютні значення площі листової поверхні огірка у відкритому ґрунті визначалися переважно гідротермічними умовами вегетаційного періоду, із чутливістю близько 9–11% на кожні 0,1 одиниці гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Найбільшу площу листової поверхні обидва гібриди сформували у 2023 р. (35,91 і 33,85 тис. м²/га), найменшу – у 2024 р. (23,29 і 21,95 тис. м²/га); міжрічна амплітуда змін становила 54,2%. За умов помірної посухи у 2025 р. краплинне зрошення забезпечувало підтримання площі листового апарату на рівні близько 85% від показників сприятливого 2023 р.

Уперше для умов Південного Степу України встановлено зворотний зв'язок між площею листової поверхні та

ефективністю її використання в різні за гідротермічними умовами роки. Максимальна площа листків, сформована у 2023 р., поєднувалася з нижчою питомою продуктивністю внаслідок переважання вегетативного використання асимілятів за оптимального зволоження, тоді як помірний водний дефіцит у 2025 р. підвищував ефективність функціонування меншого за площею листового апарату.

Гібрид Мадейра F1 формував на 5–8% меншу площу листової поверхні, ніж гібрид Кібрія F1, проте переважав його за коефіцієнтом використання листової поверхні на 16–22%. Це свідчить про відмінності у донорно-акцепторних стратегіях гібридів: переважно вегетативній у Кібрії F1 та репродуктивній у Мадейри F1. В умовах нестабільного зволоження Південного Степу України агрономічно доцільнішим є використання гібрида Мадейра F1.

Застосування біопрепарату Органік-баланс і мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ стабільно поліпшувало показники розвитку листового апарату та його функціональної ефективності. Органік-баланс збільшував площу листової поверхні на 7,0–7,7%, Квантум ПЛАТИНУМ – додатково на 5,5–5,6%, а їх поєднання забезпечувало сумарний приріст площі листків на 12–13% і коефіцієнта використання листової поверхні – на 14–21%. Найбільш виражений антистресовий ефект препаратів проявлявся в умовах посушливого 2024 р.

Фотосинтетичний потенціал посівів варіював від 1207 до 2226 тис. м²·діб/га, або на 84,4%, залежно від погодних умов, гібрида та технологічних чинників. Високий кореляційний зв'язок цього показника з урожайністю ($r = 0,91–0,96$) підтверджує його придатність як інтегрального критерію оцінки продуктивності посівів огірка.

Найвищу середню за три роки врожайність плодів (46,79 т/га) забезпечило поєднання гібрида Мадейра F1 із біопрепаратом Органік-баланс та мікродобривом Квантум ПЛАТИНУМ. За цих умов сформувалися площа листової поверхні 29,11 тис. м²/га та коефіцієнт її використання 1,607 т/тис. м²/га, що забезпечило найефективнішу реалізацію продукційного потенціалу рослин.

Наукова новизна полягає в експериментальному обґрунтуванні того, що за вирощування огірка на краплинному зрошенні в умовах Південного Степу України більш ефективною є стратегія формування не максимальної площі листового апарату, а компактного високопродуктивного листового апарату з високою ефективністю використання асиміляційної поверхні у поєднанні із застосуванням біопрепарату Органік-баланс та мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні економічної та енергетичної оцінки запропонованої технологічної моделі вирощування огірка на краплинному зрошенні в умовах Південного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Leaf area index assessment for tomato and cucumber growing period under different water treatments / S. A. A. Mamun Hossain, L. Wang, T. Chen, Z. Li. *Plant, Soil and Environment*. 2017. Vol. 63, № 10. P. 461–467. <https://doi.org/10.17221/568/2017-PSE>
2. Xiaolei S., Zhifeng W. The optimal leaf area index for cucumber photosynthesis and production in plastic greenhouse. *Acta Horticulturae*. 2004.

- Vol. 633. P. 161–165. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.633.19>
3. Screening a cucumber crop during leaf area development reduces yield / H.-P. Kläring, Y. Klopotek, U. Schmidt, H.-J. Tantau. *Annals of Applied Biology*. 2012. Vol. 161, No. 2. P. 161–168. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00560.x>
 4. Рожко І. І., Сиплива Н. О., Кулик М. І., Гайдай А. О. Урожайність сортів огірка посівного (*Cucumis sativus* L.) залежно від умов вирощування. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 140. С. 204–213. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.27>
 5. Божко Л. Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні : монографія. Одеса : Екологія, 2010. 365 с.
 6. Наукові, методологічні та практичні підходи до проблем сучасної агрономії : монографія / О. І. Улянич, Г. М. Господаренко та ін. Дніпро : Середняк Т. К., 2021. 452 с.
 7. Пищаленко М. А., Усенко С. С. Особливості впливу біопрепаратів при замочуванні на енергію проростання та схожість насіння огірків. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта* : зб. матеріалів VI міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Полтава, 2022. С. 229–232. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/15514> (дата звернення: 17.08.2026).
 8. Вдовенко С. А., Паламарчук І. І. Інновації в технології вирощування овочевих рослин родини Гарбузові у відкритому ґрунті : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2021. 184 с.
 9. Перепелиця Л. О., Кирилюк В. М. Формування структурних елементів урожаю огірка (*Cucumis sativus*) за впливу біопрепаратів Арбініс та Новамін N в умовах теплиці. *Modern Technologies and Innovations as New Tools for the Development of Science : матеріали XXIV міжнар. наук.-практ. конф. Мюнхен, 15–17 червня 2026*. С. 16–20. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/48394/> (дата звернення: 07.08.2026).
 10. Куц О.В., Романова Т.А., Білак В.В. Вплив органічних та гумінових добрив на урожайність огірка. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., (м. Миколаїв, 4 грудня 2025 р.). Миколаїв : МНАУ, 2026. С. 26–28. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/24333> (дата звернення: 07.08.2026).
 11. Ефективність нанодобрива на основі зв'язаного вуглецю в поліпшенні живлення сільськогосподарських культур / М. Мірошниченко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2025. Т. 103, № 2. С. 13–20. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2025_02_02.pdf (дата звернення: 07.08.2026).
 12. Оцінка нових партенокарпічних гібридних комбінацій огірка F1 за цінними селекційними ознаками та їх мінливістю / О. В. Сергієнко, О. М. Шабетя, Т. В. Івченко та ін. *Овочівництво і баштанництво*. 2022. № 71. С. 25–32. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-25-32>
 13. Інноваційні зонально адаптовані рішення в овочівництві / В. П. Рудь, Ю. М. Ілінова, О. М. Могильна та ін. *Овочівництво і баштанництво*. 2023. № 72. С. 89–98. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-72-89-98>
 14. FAOSTAT. Crops and livestock products: cucumbers and gherkins : Data set / Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення: 07.08.2026).
- REFERENCES:**
1. Hossain, S. A. A. M., Wang, L., Chen, T., & Li, Z. (2017). Leaf area index assessment for tomato and cucumber growing period under different water treatments. *Plant, Soil and Environment*, vol. 63, № 10, pp. 461–467. <https://doi.org/10.17221/568/2017-PSE>
 2. Xiaolei, S., & Zhifeng, W. (2004). The optimal leaf area index for cucumber photosynthesis and production in plastic greenhouse. *Acta Horticulturae*, vol. 633, pp. 161–165. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.633.19>
 3. Kläring, H.-P., Klopotek, Y., Schmidt, U., & Tantau, H.-J. (2012). Screening a cucumber crop during leaf area development reduces yield. *Annals of Applied Biology*, vol. 161, № 2, pp. 161–168, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00560.x>
 4. Rozhko, I. I., Sypliva, N. O., Kulyk, M. I., & Haidai, A. O. (2024). Urozhainist sortiv ohirka posivnoho (*Cucumis sativus* L.) zalezno vid umov vyroshchuvannya [Yield of cucumber varieties (*Cucumis sativus* L.) depending on growing conditions]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 140, 204–213. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.27> [in Ukrainian].
 5. Bozhko, L. Yu. (2010). *Klimat i produktyvnist ovochevykh kultur v Ukraini [Climate and productivity of vegetable crops in Ukraine]*. Odesa: Ekolohiia [in Ukrainian].
 6. Ulyanich, O. I., Hospodarenko, H. M., et al. (2021). *Naukovi, metodolohichni ta praktychni pidkhody do problem suchasnoi ahronomii [Scientific, methodological, and practical approaches to the problems of modern agronomy]*. Dnipro: Seredniak T. K. [in Ukrainian].
 7. Pishchalenko, M. A., & Usenko, S. S. (2022). Osoblyvosti vplyvu biopreparativ pry zamochuvanni na enerhiu prorostannia ta skhozhist nasinnia ohirkiv [Features of the influence of biological preparations during soaking on germination energy and germination of cucumber seeds]. In *Khimiia, biotekhnolohiia, ekolohiia ta osvita: Zbirnyk materialiv VI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Chemistry, biotechnology, ecology and education: Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Internet Conference]* (pp. 229–232), URL : <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/15514> [in Ukrainian].
 8. Vdovenko, S. A., & Palamarchuk, I. I. (2021). Innovatsii v tekhnolohii vyroshchuvannya ovochevykh roslyn rodyny Harbuzovi u vidkrytomu grunti [Innovations in the technology of growing vegetable plants of the Cucurbitaceae family in open ground]. *Vinnitsia: TVORY* [in Ukrainian].
 9. Perepelytsia, L. O., & Kyryliuk, V. M. (2026). Formuvannya strukturnykh elementiv urozhaiu ohirka (*Cucumis sativus*) za vplyvu biopreparativ Arbinis ta Novamin N v umovakh teplytsi [Formation of structural elements of cucumber yield under the influence of Arbinis and Novamin N biological preparations in greenhouse conditions]. In *Modern technologies and innovations as new tools for the development of science: Materialy XXIV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Proceedings of the 24th International Scientific and Practical Conference]* (pp. 16–20), URL : <https://eprints.zu.edu.ua/48394/> [in Ukrainian].
 10. Kuts, O. V., Romanova, T. A., & Bilak, V. V. (2026). Vplyv orhanichnykh ta huminovyykh dobryv na urozhainist ohirka [The influence of organic and humic fertilizers on cucumber yield]. In *Aktualni problemy zemlerobskoi haluzi ta shliakhy yikh vyrishennia: Materialy mizhnarodnoi*

- naukovo-praktychnoi konferentsii [Current problems of the agricultural sector and ways to solve them: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference] (pp. 26–28). Mykolaiv: MNAU, URL : <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/24333> [in Ukrainian].
11. Miroshnichenko, M., et al. (2025). Efektyvnist nanodobryva na osnovi zviazanoho vuhletsu v polipshenni zhyvlennia silskohospodarskykh kultur [Effectiveness of a carbon-bound nanofertilizer in improving the nutrition of agricultural crops]. *Visnyk ahramoi nauky*, 103, 2, 13–20. URL : https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2025_02_02.pdf [in Ukrainian].
 12. Serhiienko, O. V., Shabetia, O. M., & Ivchenko, T. V., et al. (2022). Otsinka novykh partenokarpichnykh hibrydnykh kombinatsii ohirka F1 za tsinnymy selektsiynymy oznakamy ta yikh minlyvisti [Evaluation of new parthenocarpic F1 cucumber hybrid combinations by valuable breeding traits and their variability]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo*, 71, 25–32. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-25-32> [in Ukrainian].
 13. Rud, V. P., Ilinova, Yu. M., & Mohylina, O. M., et al. (2023). Innovatsiini zonalno adaptovani rishennia v ovochivnytstvi [Innovative zonally adapted solutions in vegetable production]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo*, 72, 89–98. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-72-89-98> [in Ukrainian].
 14. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). FAOSTAT: Crops and livestock products: Cucumbers and gherkins [Data set]. URL : <https://www.fao.org/faostat> [in Ukrainian].

Медончак О.В., Хоненко Л.Г. Формування площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та врожайності гібридів огірка за краплинного зрошення в Південному Степу України

Метою дослідження є встановлення закономірностей формування площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, коефіцієнта використання листового апарату та врожайності гібридів огірка Кібрія F1 і Мадейра F1 залежно від застосування біопрепаратів і мікродобрих за краплинного зрошення в умовах Південного Степу України, а також обґрунтування доцільності поєднання цих елементів технології вирощування в періоди вегетації з різним рівнем зволоження. **Методи.** Польовий дослід проводили у Навчально-науково-практичному центрі Миколаївського національного аграрного університету за чотирифакторною схемою: гібрид огірка, біопрепарат, мікродобрило та режим збирання плодів. Дослідження виконували за краплинного зрошення. Площу листової поверхні визначали розрахунково-ваговим методом, фотосинтетичний потенціал і коефіцієнт використання листової поверхні – розрахунковим способом. Урожайність обліковували за товарними стандартами, а взаємозв'язки між досліджуваними ознаками оцінювали методами кореляційного аналізу. Для визначення залежності площі листової поверхні від погодних умов використовували коефіцієнт кліматичної чутливості. **Результати.** У статті наведено результати трирічних (2023–2025 рр.) польових досліджень із вивчення закономірностей формування асиміляційного апарату та продуктивності двох партенокарпічних гібридів огірка (Кібрія F1 і Мадейра F1) за краплинного зрошення в зоні Південного Степу України. Установлено, що величина листової поверхні обумовлюється переважно погодним

фоном вегетації: між сприятливим 2023 і посушливим 2024 роками різниця сягала 54,2%, тоді як внесок системи живлення не перевищував 12–13%. Встановлено обернений зв'язок між площею листового апарату та ефективністю його використання: за оптимального зволоження частина асимілятів витрачалася на вегетативний ріст, знижуючи питому віддачу листків. Гібрид Мадейра F1 за меншої на 5–8% площі листової поверхні переважав гібрид Кібрія F1 за коефіцієнтом її використання на 16–22% та за врожайністю на 12,9%. Найвищі показники всіх досліджуваних ознак забезпечувало поєднання Органік-балансу з Квантум ПЛАТИНУМ. Одержані дані обґрунтовують добір гібрида й засобів живлення для сталого виробництва огірка в умовах аридизації клімату.

Висновки. Формування площі листової поверхні огірка у відкритому ґрунті значною мірою визначалося гідротермічними умовами вегетаційного періоду, тоді як ефективність її використання залежала від особливостей гібрида та застосованих елементів технології. Гібрид Мадейра F1, формуючи меншу площу листового апарату, характеризувався вищою ефективністю його використання порівняно з гібридом Кібрія F1. Поєднання біопрепарату Органік-баланс і мікродобрило Квантум ПЛАТИНУМ сприяло покращенню функціонування листового апарату та підвищенню врожайності, особливо за посушливих умов. Найвищу середню врожайність (46,79 т/га) забезпечило вирощування гібрида Мадейра F1 за комплексного застосування зазначених препаратів. Фотосинтетичний потенціал характеризувався тісним позитивним зв'язком із урожайністю ($r = 0,91–0,96$), що підтверджує його інформативність як показника продуктивності посівів огірка.

Ключові слова: *Cucumis sativus* L., асиміляційний апарат, коефіцієнт використання листової поверхні, гідротермічний коефіцієнт, донорно-акцепторні відносини, партенокарпія, продуктивність, адаптивність.

Medonchak O.V., Honenko L.G. Formation of leaf surface area, photosynthetic potential and yield of cucumber hybrids under drip irrigation in the Southern Steppe of Ukraine

Purpose. The purpose of the study is to establish the regularities of the formation of the leaf surface area, photosynthetic potential, the utilization rate of the leaf apparatus, and the yield of hybrids of Kibria F1 and Madeira F1 cucumbers depending on the use of biopreparations and microfertilizers under drip irrigation in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, as well as to substantiate the feasibility of combining these elements of growing technology in growing seasons with different levels of moisture. **Methods.** The field experiment was conducted at the Educational-Scientific-Practical Center of the Mykolaiv National Agrarian University according to a four-factor scheme: cucumber hybrid, biopreparation, microfertilizer and fruit harvesting mode. The research was carried out under drip irrigation. The area of the leaf surface was determined by the calculation-weight method, the photosynthetic potential and the coefficient of use of the leaf surface – by the calculation method. The yield was calculated according to commodity standards, and the relationships between the studied characteristics were evaluated using correlation analysis methods. The coefficient of climatic sensitivity was used to determine the dependence of the leaf surface area on weather conditions. **The results.** The article presents the results of three-year (2023–2025) field research on the study of patterns of formation of the assimilation apparatus and productivity of two parthenocarpic cucumber

hybrids (Kibria F1 and Madeira F1) under drip irrigation in the Southern Steppe zone of Ukraine. It was established that the size of the leaf surface is determined mainly by the weather background of the vegetation: between the favorable 2023 and the dry 2024, the difference reached 54.2%, while the contribution of the nutrition system did not exceed 12–13%. An inverse relationship was established between the area of the leaf apparatus and the efficiency of its use: with optimal moisture, part of the assimilates was spent on vegetative growth, reducing the specific yield of leaves. Madeira F1 hybrid with 5–8% smaller leaf surface area was superior to Kibria F1 hybrid in its utilization ratio by 16–22% and yield by 12.9%. The combination of Organic Balance with Quantum PLATINUM provided the highest indicators of all the studied signs. The obtained data justify the selection of the hybrid and nutrients for the sustainable production of cucumber in conditions of aridization of the climate. **Conclusions.** The formation of the cucumber leaf surface area in the open ground was largely determined by

the hydrothermal conditions of the growing season, while the efficiency of its use depended on the characteristics of the hybrid and the applied elements of the technology. The Madeira F1 hybrid, forming a smaller area of the leaf apparatus, was characterized by a higher efficiency of its use compared to Kibria F1. The combination of Organic Balance biological preparation and Quantum PLATINUM microfertilizer improved the functioning of the leaf apparatus and increased yield, especially under dry conditions. The highest average yield (46.79 t/ha) was provided by the cultivation of the Madeira F1 hybrid with the complex use of the specified drugs. Photosynthetic potential was characterized by a close positive relationship with productivity ($r = 0.91–0.96$), which confirms its informativeness as an indicator of the productivity of cucumber crops.

Key words: *Cucumis sativus* L., assimilation apparatus, leaf surface utilization coefficient, hydrothermal coefficient, donor-acceptor relations, parthenocarp, productivity, adaptability.

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026