Cryoplacentin, and PEO-1000 (95.8–96.6%), along with improved laboratory germination across all tested preparations (98.0–98.5%).

Keywords: tomato, growth regulators, seed yield, plant biometric parameters, seed quality.

УДК: 635.64; 634.8.044
DOI: https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-160

О.В. Хареба, здобувач*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
*Науковий керівник – кандидат с.-г. наук, доцент О. М. Цизь

БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ІНДЕТЕРМІНАНТНИХ ГІБРИДІВ ПОМІДОРУ В СКЛЯНИХ ЗИМОВИХ ТЕПЛИЦЯХ

Метою дослідження було встановлення біоенергетичної ефективності вирощування індетермінантних гібридів помідора у скляних зимових теплицях. Експериментальні дослідження включали три окремі напрями: 1) добір індетермінантних гібридів помідора для умов зимових теплиць; 2) оцінювання ефективності сорто-підщепних комбінувань індетермінантних гібридів; 3) визначення впливу способів формування рослин на продуктивність та біоенергетичну ефективність гібриду Мерліс F_1. Встановлено, що під час вирощування індетермінантних гібридів помідора у зимових скляних теплицях основними статтями енергетичних витрат є опалення та електроенергія (63,0 %) і трудові ресурси (22,2 %). Застосування гібридів Максімато F_1, Мерліс F_1 та Тореро F_1 сприяє підвищенню енергії, акумульованої в урожаї, на 15,3–24,7 % та збільшенню коефіцієнта біоенергетичної ефективності до рівня 2,01–2,08. Використання сорто-підщепних комбінувань (прищепи Мерліс F1 та Тореро F_1 на підщепах Максіфорт F_1, ТД-1 F_1 та Емперадор F_1) забезпечує підвищення енергетичного потенціалу врожаю на 11,5–22,6 % (на 3,94–8,38 МДж/м²) та формування коефіцієнта біоенергетичної ефективності на рівні 2,15–2,55. За вирощування гібриду Мерліс F_1 з формуванням рослин у два стебла (після 3-ї китиці на кожній другій рослині у маті та після 9-ї — на кожній четвертій) відзначено істотне зростання акумульованої в урожаї енергії (на 16,9 %), що забезпечує отримання коефіцієнта біоенергетичної ефективності 2,28. Запропоновані технологічні прийоми доцільно впроваджувати у практику овочівництва закритого ґрунту в Україні.

Ключові .слова: помідор, скляна зимова теплиця, гібриди, сорто-підщепні комбінування, коефіцієнт біоенергетичної ефективності.

Вступ. Сільське господарство стикається не лише зі зростанням населення світу, але й з додатковою проблемою глобальної зміни клімату та її впливу на системи сільськогосподарського виробництва [1]. Міжнародна інституція ФАО пропонує збільшити сільськогосподарське виробництво на 70% впродовж наступних 30 років, щоб задовольнити попит і продовольчі тенденції споживачів. Потрібно збільшити не лише кількість вироблених продуктів харчування, а також забезпечити

покращення якості, насамперед вміст в продукції поживних та біологічно активних речовин для підтримки зростаючого населення [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З економічної точки зору, помідор, як найпоширеніший овоч у світі, займають значне місце в сільськогосподарській галузі [3-5], будучи основним продуктом харчування багатьох людей у світі [6]. Загальне світове виробництво помідорів зросло на 4% як для переробки, так і для споживання у свіжому вигляді у 2021 році порівняно з попереднім вегетаційним періодом [7]. Слід наголосити, що ефективне підвищення продуктивності в галузі овочівництва не лише сприяє забезпеченню продовольчої безпеки, але й оптимізує використання природних ресурсів [8]. З огляду на постійні виклики, пов'язані зі зміною клімату та дефіцитом різних природних ресурсів, пріоритет енергоефективних технологій вирощування овочевих став реальною необхідністю [9, 10]. Стале використання енергії в сільськогосподарських процесах не лише підвищує економічну ефективність усієї виробничої системи, але й покращує її адаптивність до змін у бізнес-середовищі [11]. У період, коли ефективність використання ресурсів та економічна стійкість стають все більш важливими, стратегії, зосереджені на енергоефективному споживанні, є не лише необхідністю, а й можливістю для інновацій та перетворення сільськогосподарського сектору на більш ефективний та стійкий [12].

Також для підвищення врожайності та економічної ефективності виробництва помідору важливо розширити вирощування в контрольованих середовищах, в теплицях різної конструкції [13]. Фактично вирощування овочевої продукції в умовах теплиць є надійним рішенням для забезпечення безперервного постачання свіжої продукції [14, 15].

Для тепличного вирощування більш придатні індетермінантні гібриди, для яких характерні такі переваги як висока енергія росту, однорідність, врожайність, відмінна якість та стійкість до деяких хвороб [16]. В той час в галузі сформувалася ситуація, коли існуючі гібриди постійно витісняються іншими з кращими характеристиками через високу поширеність шкідників та хвороб у виробничих районах, а також несприятливі біотичні фактори. За таких умов необхідно постійно оцінювати процеси адаптації нових гібридів, стійких до хвороб, шкідників та абіотичних факторів, з більшим потенціалом врожайності та гарними агротехнологічними характеристиками, які відповідають вимогам ринку. Зі зростанням асортименту гібридів стає можливим також розширення районів вирощування помідору в тепличних умовах для збільшення пропозиції продукції у критичні періоди (взимку).

Фактично помідор може вирощуватися в усіх типах теплиць але за відповідного догляду та достатньої інтенсивності освітлення.

Як правило, висота теплиці від фундаменту до балки для гарної вентиляції повинна становити 3,5–4,5 м [17]. Слід відзначити, що основною технологічною проблемою за вирощування індетерменантних гібридів помідору в теплицях є зростання температури всередині теплиці до 40°С, що перевищує оптимальну температуру для рослин. Одним з критеріїв вибору гібриду для умов тепличного вирощування є його чутливість до високотемпературного стресу, тобто рівень знижування врожайності через тепловий стрес [18]. Слід зазначити, що високі температури також спричиняють неоптимальний ріст та зменшують ймовірність запилення [19], зниження врожайності та якості плодів [20].

Правильно підібраний гібрид з урахуванням конструкції теплиці та рівня освітленості забезпечує не тільки більш високу продуктивність, а також зумовлює покращення якості продукції за рахунок збільшення в плодах вмісту аскорбінової кислоти, лікопіну та β-каротину [21].

Отже, метою наших досліджень є встановленням біоенергетичної ефективності вирощування індетермінантних гібридів помідору в скляних зимових теплицях.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проведено впродовж 2013-2017 рр. у скляних зимових теплицях типу «ВЕНЛО» ПАТ «Комбінат «Тепличний»» (с. Калинівка Броварського району Київської області), що знаходиться у четвертій світловій зоні України.

Програма досліджень передбачала проведення трьох окремих дослідів: 1) підбір індетермінантних гібридів помідора для зимових теплиць даного типу; 2) визначення ефективності сорто-підщепних комбінувань на індетермінантних гібридах F_1; 3) дослідження впливу способів формування на продуктивність та біоенергетичну ефективність індетермінантного гібриду помідора Мерліс F_1.

Експериментальна частина роботи виконана згідно «Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві» [22]. Варіанти дослідів розміщували методом повної рендомізації у триразовій повторності. Площа облікової ділянки 5,6 м^2 (кількість рослин на обліковій ділянці – 14 шт.). Розсаду на постійне місце висаджували у фазі 9-11 справжніх листків. Схема розміщення рослин по 4 шт. на 1 мат 100×20×7,5 см. Об'єм субстрату під однією рослиною 3,750 л.

Біоенергетичну оцінку виробництва помідора розраховували за методикою О.С. Болотських, М.М. Довгаль (1998) [22]. Основний показник енергетичної ефективності вирощування овочевих рослин є коефіцієнт біоенергетичної ефективності, що розраховується за формулою:

$$К_{БЕ} = \frac{Q_н}{Q_в} \times f$$

Де $Q_Н$ – енергія, накопичена господарсько-цінної частиною урожаю, МДж/м^2;

$Q_В$ – сукупна енергія, витрачена на вирощування, МДж/м^2;

f – коефіцієнт споживчої цінності продукції (для помідору – 4,3).

Статистичну обробку результатів дослідження реалізовано методом дисперсійного аналізу [23].

Результати досліджень та їх обговорення. За вирощування індетермінантних гібридів помідору в зимових скляних теплицях основна стаття витрат енергії приходиться на опалення та електроенергії (63,0 %), а також на трудові витрати (22,2 %) (рис. 1). На всі інші витрати сумарно приходиться 14,8 % всіх енергетичних витрат.

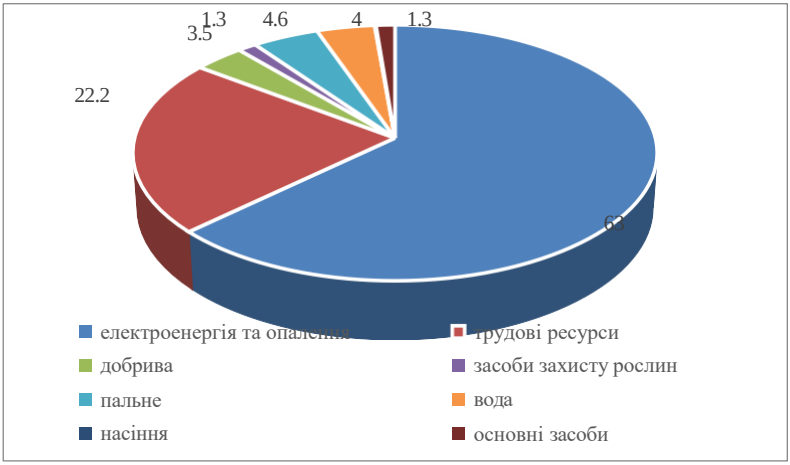

Рис. 1. Структура витрат енергії за вирощування гібридів помідору в зимових скляних теплицях, % (середнє за 2015-2017 рр.).

Встановлено, що зі зростанням рівня урожайності за використання різних індетермінантних гібридів помідора відмічається певне збільшення загальних енергетичних витрат. Найбільші енергетичні витрати за вирощування помідору в умовах зимових скляних теплиць відмічені для гібридів Мерліс F_1, Тореро F_1, Бартеза F_1 та Максімато F_1 (75,0-75,79 МДж/м^2), для яких зазначено урожайність в межах 61,1-64,5 кг/м^2 (табл. 1).

За однакових технологічних підходів за вирощування гібридів помідору різниця в загальних енергетичних витратах пов’язана в основному з різними трудовими витратами на вирощування гібридів, і в особливості, з додатковими витратами праці на збирання додаткового урожаю в більш продуктивних гібридів.

1. Біоенергетична ефективність вирощування різних гібридів помідору в зимових теплицях (середнє за 2015-2017 рр.)

Гібриди	Урожайність, кг/м^2	Вміст сухої речовини, %	Вміст енергії в урожаї, МДж/м^2	Загальні енергетичні витрати, МДж/м^2	Коефіцієнт біоенергетичної ефективності
Раїса F_1 (контроль)	56,3	4,8	29,24	73,88	1,70
Алтес F_1	58,4	4,9	30,96	74,37	1,79
Мерліс F_1	64,5	5,2	36,29	75,79	2,06
Тореро F_1	63,6	5,3	36,47	75,58	2,08
Форонті F_1	61,0	5	33,00	74,97	1,89
Бартеза F_1	61,1	5,1	33,72	75,00	1,93
Максімато F_1	62,6	5,2	35,22	75,35	2,01

Але зі зростання урожайності зростає також енергія, акумульована в урожаї. Так, для вказаних гібридів зазначено збільшення енергії, що накопичується в урожаї, на 15,3-24,7 %. Зрозуміло, що даний параметр корелює також з вмістом сухої речовини в плодах, так як енергія акумулюється тільки в органічній речовині. Для більшості гібридів, що було використано в дослідженні (окрім гібриду Раїса F_1 та Алтес F_1), вміст сухої речовини в плодах коливався в межах 5,0-5,3 %, тоді як кількість енергії, що накопичується в урожаї, коливалася в межах 33,0-36,47 МДж/м^2 та істотно різнилася зі значенням даного показнику для контрольного гібриду Раїса F_1 (29,24 МДж/м^2).

Отже, за впровадження більш урожайних гібридів помідора, не зважаючи на зростання загальних енергетичних витрат на вирощування, коефіцієнт біоенергетичної ефективності істотно збільшується. Найвищі значення даного показнику зафіксовано для гібридів Максімато F_1, Мерліс F_1 та Тореро F_1, що становили 2,01, 2,06 та 2,08 відповідно.

Впровадження різних сорто-підщепних комбінувань також забезпечувало підвищення урожайності помідору, що в свою чергу, вплинуло на енергоефективність вирощування культури в умовах зимових скляних теплиць (табл. 2). Також відзначено зростання рівня загальних енергетичних витрат на вирощування помідора за підвищення рівня урожайності. Максимальний рівень урожайності відмічено за вирощування гібриду Мерліс F_1 на підщепах Максіфорт F_1, ТД-1 F_1 та Емперадор F_1 (66,1-67,8 кг/м^2). Високий рівень урожайності також забезпечує вирощування на вказаних підщепах гібриду Тореро F_1 (65,1-65,5 кг/м^2).

2. Біоенергетична ефективність вирощування індетермінантних гібридів помідора за використання сорто-підщепних комбінувань (середнє за 2015-2017 рр.)

Прищепа / підщепа	Урожайність, кг/м^2	Вміст сухої речовини, %	Вміст енергії в урожаї, МДж/м^2	Загальні енергетичні витрати, МДж/м^2	Коефіцієнт біоенергетичної ефективності
Тореро F_1 (контроль)	61,8	5,1	34,10	75,16	1,95
Тореро F_1 / Максіфорт F_1	65,1	5,4	38,04	75,93	2,15
Тореро F_1 / ТД-1 F_1	65,2	5,6	39,51	75,95	2,24
Тореро F_1 / Емперадор F_1	65,5	5,8	41,11	76,02	2,33
Бартеза F_1 (контроль)	59,1	5	31,97	74,53	1,84
Бартеза F_1 / Максіфорт F_1	63,0	5,5	37,49	75,44	2,14
Бартеза F_1 / ТД-1 F_1	61,4	5,1	33,88	75,07	1,94
Бартеза F_1 / Емперадор F_1	63,6	5,4	37,16	75,58	2,11
Мерліс F_1 (контроль)	63,5	5,4	37,10	75,56	2,11
Мерліс F_1 / Максіфорт F_1	66,1	6	42,91	76,16	2,42
Мерліс F_1 / ТД-1 F_1	66,2	5,7	40,83	76,19	2,30
Мерліс F_1 / Емперадор F_1	67,8	6,2	45,48	76,56	2,55

Вирощування вказаних гібридів на підщепах Максіфорт F_1, ТД-1 F_1 та Емперадор F_1 зумовлює певне підвищення витрат енергії до рівня 75,93-76,56 МДж/м^2, що було вищим за вирощування даних гібридів без підщеп в межах 1,02-1,32 %. Вміст енергії в урожаї продукції помідору за рахунок використання вказаних сорто-підщепних комбінувань збільшувався більш істотно відносно вирощування гібридів без підщеп в межах 11,5-22,6 % (на 3,94-8,38 МДж/м^2).

За рахунок такої істотної різниці між додатковими витратами енергії на впровадження вирощування гібридів з використанням підщеп та рівнем енергії, що накопичувалася в урожаї, даний технологічний захід є енергетично вигідним за рахунок збільшення коефіцієнту

біоенергетичної ефективності. Даний показник збільшився з 1,95 та 2,11 за вирощування гібридів Тореро F_1 та Мерліс F_1 відповідно до рівнів 2,15-2,33 та 2,30-2,55 відповідно за використання підщеп.

Відповідні результати також отримано в дослідженнях інших вчених, де використання підщеп для індетермінантних гібридів помідору забезпечувало підвищення урожайності плодів [24], збільшення вмісту сухої речовини та вітамінів в плодах [25], підвищення економічних та енергетичних параметрів вирощування [26, 27].

Ефективним в енергетичному аспекті є також вирощування індетермінантних гібридів помідора за різних способів формування рослин (табл. 3).

3. Біоенергетична ефективність різних способів формування рослин гібриду помідора Мерліс F_1 (середнє за 2015-2017 рр.)

Гібриди	Урожайність, кг/м^2	Вміст сухої речовини, %	Вміст енергії в урожаї, МДж/м^2	Загальні енергетичні витрати, МДж/м^2	Коефіцієнт біоенергетичної ефективності
У одне стебло (контроль)	55,8	5,7	34,41	73,76	2,01
У два стебла після 4-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 10-ї на кожній 4-й рослині у маті	63,9	5,6	38,74	75,66	2,20
У два стебла після 3-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 9-ї на кожній 4-й рослині у маті	65,3	5,7	40,24	75,96	2,28

Максимальний рівень урожайності відмічено за вирощування гібриду Мерліс F_1 за формування рослин в два стебла після 3-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 9-ї на кожній 4-й рослині у маті. За такого технологічного підходу відзначається істотне зростання урожайності помідору на 9,5 кг/м^2 або на 17,0 %, що зумовлює певне підвищення витрат енергії на вирощування (на 3,0 %) та істотне зростання кількості енергії, що акумулюється в урожаї (на 16,9 %). За таких умов коефіцієнт біоенергетичної ефективності вирощування помідору становив 2,28 за значення даного показнику на контролі на рівні 2,01.

Висновки. За вирощування індетермінантних гібридів помідору в зимових скляних теплицях основна стаття витрат енергії приходиться на опалення та електроенергії (63,0 %) та трудові витрати (22,2 %).

З впровадженням більш продуктивних гібридів помідору зростає також енергія, акумульована в урожаї. Так, за використання гібридів Максімато F_1, Мерліс F_1 та Тореро F_1 збільшується енергія, що накопичується в урожаї, на 15,3-24,7 % та зростає коефіцієнт біоенергетичної ефективності до рівня 2,01-2,08.

Енергоефективним є також впровадження сорто-підщепних комбінувань (використання прищепи Мерліс F_1 та Тореро F_1 на підщепах Максіфорт F_1, ТД-1 F_1 та Емперадор F_1). За такого технологічного підходу відмічається рівень урожайності помідору в межах 65,1-67,8 кг/м^2, збільшення вмісту енергії в урожаї на 11,5-22,6 % або на 3,94-8,38 МДж/м^2, отримання значення коефіцієнту біоенергетичної ефективності на рівні 2,15-2,55.

За вирощування гібриду Мерліс F_1 з формуванням рослин в два стебла після 3-ї китиці на кожній 2-й рослині у маті та після 9-ї на кожній 4-й рослині у маті відзначено істотне зростання кількості енергії, що акумулюється в урожаї (на 16,9 %), що зумовлює отримання коефіцієнту біоенергетичної ефективності вирощування помідору на рівні 2,28.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Marx-Pienaar N.J.M.M., Erasmus A.C. Status consciousness and knowledge as potential impediments of household's sustainable consumption practices of fresh produce amidst times of climate change. *International Journal of Consumer Studies*. 2014. 38(4). P. 419-426. DOI: 10.1111/ijcs.12111.

2. Egea I., Estrada Y., Flores F.B., Bolarín M.C. Improving production and fruit quality of tomato under abiotic stress: Genes for the future of tomato breeding for a sustainable agriculture. *Environmental and Experimental Botany*. 2022. 204. P. 105086. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.105086

3. Capobianco-Uriarte M. D. L. M., Aparicio J., De Pablo-Valenciano J., Casado-Belmonte M. D. P. The European tomato market. An approach by export competitiveness maps. *PloS one*. 2021. 16(5). e0250867

4. Popescu, A. Some considerations on vegetables and tomatoes production and consumption in Romania in the period 2007-2014. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development.* 2016. 16(3). P. 277-284.

5. Jerca I.O., Smedescu C. A decade of change in europe's tomato greenhouses: insights and trends. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2023. 23 (4). P. 431-436.

6. Ilić Z. S., Kapoulas N., Šunić L. Tomato Fruit Quality from Organic and Conventional Production. *InTech*. 2014. DOI: 10.5772/58239

7. Branthome F.X. Worldwide (total fresh) tomato production in 2021. 2023. https://www.tomatonews.com. Accessed on 29.04.2024.

8. Parry M. A., Hawkesford M. J. Food security: increasing yield and improving resource use efficiency. *Proceedings of the nutrition Society*. 2010. 69(4). P. 592-600

9. Iancu T., Petre I. L., Tudor V. C., Micu M. M., Ursu A., Teodorescu F. R., Dumitru E. A. A Difficult Pattern to Change in Romania, the Perspective of Socio-Economic Development. Sustainability. 2022. 14(4). 2350.

10. Maja M. M., Ayano S. F. The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. Earth Systems and Environment. 2021. 5. P. 271-283.

11. Pretty J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. 363(1491). P. 447-465.

12. Becerril H., De los Rios I. Energy efficiency strategies for ecological greenhouses: experiences from Murcia (Spain). *Energies*. 2016. 9(11). P. 866.

13. Peet M. M., Welles G. Greenhouse tomato production. In Tomatoes (pp. 257-304). Wallingford UK: CABI Publishing. 2005.

14. LaPlante G., Andrekovic S., Young R. G., Kelly J. M., Bennett N., Currie E. J., Hanner R. H. Canadian greenhouse operations and their potential to enhance domestic food security. *Agronomy*. 2021. 11(6). P. 1229.

15. Pardossi A., Tognoni F., Incrocci L. Mediterranean greenhouse technology. *Chronica horticulturae*. 2004. 44(2). P. 28-34.

16. Jaramillo N., Eliecer J., Sánchez L., Germán D., Rodríguez V., Aguilar P.A. et al. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. CORPOICA, Bogotá, Colombia, 2012. 482 p.

17. Kumar B. Technical Standards for Naturally Ventilated, Fan & Pad Green House and Shade Net House. Ministry of Agriculture, Gurgaon, India. 2011.

18. Sato S., Peet M.M., Thomas J.F. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant Cell Environ*. 2000. 23(7). P. 719-726. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2000.00589.x

19. Van Ploeg D., Heuvelink E. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol*. 2005. 80(6). P. 652-659. DOI: 10.1080/14620316.2005.11511994

20. Alsamir M., Mahmood T., Trethowan R., Ahmad N. An overview of heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Saudi J. Biol. Sci*. 2021. 28(3). P. 1654-1663. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.11.088.

21. Jitpong P., Jannoi J., Sastawittaya W., Mega R., Chulaka P., Thussagunpanit J. Impact of greenhouse height on growth, physiological changes, and yield of two cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *Thai J. Agric. Sci*. 2025. 58(1). P. 1-16.

22. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2011. 369 с.

23. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник. в 2 кн. Книга 2. Статистична обробка результатів досліджень. / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Мацдан, 2016. 314 с.

24. Djidonou D., Simonne A. H., Koch K. E., Brecht J. K., Zhao X. Nutritional Quality of Field-grown Tomato Fruit as Affected by Grafting with Interspecific Hybrid Rootstocks. *HortScience*. 2016. 51(12). P. 1618–1624. DOI: 10.21273/HORTSCI11275-16.

25. Dorais M., Ehret D.L., Papadopoulos A.P. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer Phytochem. *Rev*. 2008. 7. P. 231-250.

26. Kabas A., Celik I. Effect of newly developed interspecific hybrid rootstocks on mineral nutrient composition and fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Alimentaria*. 2021. 50(3). P. 383-392. DOI: 10.1556/066.2021.00009

27. Djidonou D., Zhao X., Brecht J.K., Cordasco K.M. Influence of interspecific hybrid rootstocks on tomato growth, nutrient accumulation, yield, and fruit composition under greenhouse conditions. *HortTechnology*. 2017. 27(6). P. 868–877.

REFERENCES

1. Marx-Pienaar, N.J.M.M., Erasmus, A.C. (2014). Status consciousness and knowledge as potential impediments of household's sustainable consumption practices of fresh produce amidst times of climate change. International Journal of Consumer Studies., 38(4), 419-426. DOI: 10.1111/ijcs.12111.

2. Egea, I., Estrada, Y., Flores, F.B., Bolarín, M.C. (2022). Improving production and fruit quality of tomato under abiotic stress: Genes for the future of tomato breeding for a sustainable agriculture. *Environmental and Experimental Botany*, 204, 105086. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.105086

3. Capobianco-Uriarte, M. D. L. M., Aparicio, J., De Pablo-Valenciano, J., Casado-Belmonte, M. D. P. (2021). The European tomato market. An approach by export competitiveness maps. *PloS one*, 16(5), e0250867.

4. Popescu, A., (2016). Some considerations on vegetables and tomatoes production and consumption in Romania in the period 2007-2014. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 16(3), 277-284.

5. Jerca, I.O., Smedescu, C. (2023). A decade of change in europe's tomato greenhouses: insights and trends. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 23 (4), 431-436.

6. Ilić, Z. S., Kapoulas, N., Šunić, L. (2014). Tomato Fruit Quality from Organic and Conventional Production. *InTech*, DOI: 10.5772/58239

7. Branthome, F.X. (2024). Worldwide (total fresh) tomato production in 2021. 2023. https://www.tomatonews.com.

8. Parry, M. A., Hawkesford, M. J. (2010). Food security: increasing yield and improving resource use efficiency. *Proceedings of the nutrition Society*, 69(4), 592-600.

9. Iancu, T., Petre, I. L., Tudor, V. C., Micu, M. M., Ursu, A., Teodorescu, F. R., Dumitru, E. A. (2022). A Difficult Pattern to Change in Romania, the Perspective of Socio-Economic Development. *Sustainability*, 14(4), 2350.

10. Maja, M. M., Ayano, S. F. (2021). The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. *Earth Systems and Environment*, 5, 271-283.

11. Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. Philosophical Transactions of the Royal Society B: *Biological Sciences*, 363(1491), 447-465.

12. Becerril, H., De los Rios, I. (2016). Energy efficiency strategies for ecological greenhouses: experiences from Murcia (Spain). *Energies*, 9(11), 866.

13. Peet, M. M., Welles, G. (2005). Greenhouse tomato production. In Tomatoes (pp. 257-304). Wallingford UK: CABI Publishing.

14. LaPlante, G., Andrekovic, S., Young, R. G., Kelly, J. M., Bennett, N., Currie, E. J., Hanner, R. H. (2021). Canadian greenhouse operations and their potential to enhance domestic food security. *Agronomy*, 11(6), 1229.

15. Pardossi, A., Tognoni, F., Incrocci, L. (2004). Mediterranean greenhouse technology. *Chronica horticulturae*, 44(2), 28-34.

16. Jaramillo, N., Eliecer, J., Sánchez, L., Germán, D., Rodríguez, V., Aguilar, P.A. et al. (2012). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. CORPOICA, Bogotá, Colombia, 482 p.

17. Kumar, B. (2011). Technical Standards for Naturally Ventilated, Fan & Pad Green House and Shade Net House. Ministry of Agriculture, Gurgaon, India.

18. Sato, S., Peet, M.M., Thomas, J.F. (2000). Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. Plant Cell Environ, 23(7), 719-726. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2000.00589.x

19. Van Ploeg, D., Heuvelink, E. (2005). Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *J. Hortic. Sci. Biotechnol*. 80(6), 652-659. DOI: 10.1080/14620316.2005.11511994

20. Alsamir, M., Mahmood, T., Trethowan, R., Ahmad, N. (2021). An overview of heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Saudi J. Biol. Sci.*, 28(3), 1654-1663. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.11.088.

21. Jitpong, P., Jannoi, J., Sastawittaya, W., Mega, R., Chulaka, P., Thussagunpanit, J. (2025). Impact of greenhouse height on growth, physiological changes, and yield of two cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *Thai J. Agric. Sci*., 58(1), 1-16.

22. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (Ed). Methodology of research work in vegetable growing and melon growing. Kharkiv: Osnova, 2001. 369 p.

23. Research work in agronomy: textbook: in 2 books. Book 2. Statistical processing of the results of agronomic research / A.O. Rozhkov, V.K. Puzik, S.M. Kalenska and others. Kharkiv: Maidan, 2016. 314 p.

24. Djidonou, D., Simonne, A. H., Koch, K. E., Brecht, J. K., Zhao, X. (2016). Nutritional Quality of Field-grown Tomato Fruit as Affected by Grafting with Interspecific Hybrid Rootstocks. *HortScience*, 51(12), 1618–1624. DOI: 10.21273/HORTSCI11275-16.

25. Dorais, M., Ehret, D.L. & Papadopoulos, A.P. (2008). Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer Phytochem. Rev., 7, 231-250.

26. Kabas, A., Celik, I. (2021). Effect of newly developed interspecific hybrid rootstocks on mineral nutrient composition and fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Alimentaria*, 50(3), 383-392. DOI: 10.1556/066.2021.00009

27. Djidonou, D., Zhao, X., Brecht, J.K., and Cordasco, K.M. (2017). Influence of interspecific hybrid rootstocks on tomato growth, nutrient accumulation, yield, and fruit composition under greenhouse conditions. *HortTechnology*, 27(6), 868–877.

O.V. Khareba, PhD student
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Bioenergy efficiency of growing indeterminant tomato hybrids in glass winter greenhouses

The aim of the study was to determine the bioenergetic efficiency of growing indeterminate tomato hybrids in glass winter greenhouses. The experimental research included three main directions: (1) selection of indeterminate tomato hybrids suitable for winter greenhouse conditions; (2) evaluation of the efficiency of scion–rootstock combinations in indeterminate hybrids; and (3) assessment of the influence of plant training methods on the productivity and bioenergetic efficiency of the Merlis F_1 hybrid.

It was established that when cultivating indeterminate tomato hybrids in glass winter greenhouses, the major components of energy consumption are heating and electricity (63.0%) and labor costs (22.2%). The introduction of the Maximoto F_1, Merlis F_1, and Torero F1 hybrids increases the energy accumulated in the yield by 15.3–24.7% and raises the bioenergetic efficiency coefficient to 2.01–2.08. The use of scion–rootstock combinations (Merlis F_1 and Torero F_1 scions grafted onto Maxifort F_1, TD-1 F_1, and Emperador F_1 rootstocks) enhances the energy content of the yield by 11.5–22.6% (3.94–8.38 MJ/m²) and ensures a bioenergetic efficiency coefficient ranging from 2.15 to 2.55.

For the Merlis F_1 hybrid, training plants into two stems (after the third cluster on every second plant in the slab and after the ninth cluster on every fourth plant) resulted in a significant increase in the energy accumulated in the yield (by 16.9%), providing a bioenergetic efficiency coefficient of 2.28. The proposed technological practices are recommended for implementation in greenhouse vegetable production systems in Ukraine.

Keywords: tomato, glass winter greenhouse, hybrids, variety-rootstock combinations, bioenergy efficiency coefficient.

УДК 634.11:631.542.3:631.547.6
DOI: https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-172

В.В. Леус, канд. сільськогосподарських наук, доцент
Я.О. Мулєнок, канд. сільськогосподарських наук, ст. викладач
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ВПЛИВ ПЕРЕДЗБИРАЛЬНОЇ ОБРІЗКИ ІНТЕНСИВНИХ НАСАДЖЕННЯХ ЯБЛУНІ НА ЯКІСТЬ ЗАБАРВЛЕННЯ ПЛОДІВ

У статті представлено результати комплексних досліджень впливу передзбирального обрізування на формування інтенсивності забарвлення плодів яблуні в умовах інтенсивних насаджень Харківської області. Якість зовнішнього вигляду плодів — зокрема яскравість і насиченість рум'янцю – є важливим чинником конкурентоспроможності продукції, адже саме колір є одним із головних критеріїв вибору споживачем. Метою дослідження було оцінити ефективність застосування освітлювальної обрізки за три тижні до збору врожаю для покращення забарвлення та смакових характеристик плодів яблуні.

Дослідження проводили у виробничих умовах ТОВ «Харківська фруктова компанія» на сортах зимового строку достигання Пінова та Фуджі. Передзбиральне обрізування полягало у видаленні однорічних приростів довжиною понад 20 см з метою покращення доступу світла до плодів. Установлено, що покращене освітлення сприяло інтенсивнішому нагріванню плодів удень та більшому їх охолодженню вночі, що активізувало синтез антоціанів – природних пігментів, відповідальних за червоне забарвлення плодів.

У результаті кількість плодів із покривним забарвленням понад 75% поверхні зросла у сорту Пінова з 27% до 93%, а у сорту Фуджі – з 14% до 69%. Крім того, виявлено підвищення вмісту цукрів у плодах на 1,2-1,9%, що позитивно позначилося на їх смакових якостях. Економічна оцінка показала, що застосування