



УДК 519.865:338.512:634

2023

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ВИТРАТ У САДІВНИЦТВІ

Л.П. Слєпцова

Інститут садівництва НААН

вул. Садова, 23, с. Новосілки Фастівського р-ну Київської обл., 03027, Україна

e-mail: mihomorluyda@ukr.net

ORCID: 0000-0003-3509-1267

Надійшла 25.10.2022

Мета. Побудувати економіко-математичну модель оптимізації структури виробничих витрат та виявити взаємозв'язок між показниками, що досліджуються, та факторами, які впливають на їхню величину. **Методи.** Наукові абстракції – для формування теоретичних узагальнень і висновків; економіко-математичний метод – для оптимізації структури витрат у садівництві; метод системного аналізу та синтезу – для встановлення причинно-наслідкових зв'язків при формуванні виробничих витрат у садівництві. **Результати.** З метою удосконалити управління витратами у напрямі їх оптимізації доцільно використовувати метод оптимізаційного моделювання щодо різних конструкцій насаджень яблуні. Аналіз результатів моделювання свідчить про можливість зниження собівартості вирощування яблук за умови раціонального розподілу витрат. Порівняння фактичних показників фінансування вирощування яблук з отриманими в процесі моделювання свідчить про необхідність обґрунтованого підходу до витрачання коштів на мінеральні та органічні добрива, засоби захисту й оплати праці. Саме ці статті витрат є найбільш вагомими при формуванні врожайності яблук згідно з проведеним кореляційно-регресійним аналізом і даними, отриманими при розрахунку економіко-математичної моделі оптимізації витрат. Із отриманого завдяки проведенню такого аналізу рівняння випливає, що за ступенем важливості перелічені фактори слід розмістити в такому порядку: амортизація сільськогосподарської техніки, інші прямі витрати, витрати на органічні та мінеральні добрива, на паливно-мастильні матеріали, загальновиробничі витрати, витрати на засоби захисту, амортизація багаторічних насаджень, витрати на оплату праці. Скориставшись результатами моделювання оптимізації витрат, цілком реально не лише на 11,88 – 28,81% підвищити врожайність яблук, а й знизити їх собівартість, на 6,3 – 67,7% зменшити загальні витрати.

Висновки. Оптимізація структури витрат за допомогою методів економіко-математичного моделювання є одним із способів ефективного управління коштами. Обґрунтована для галузі садівництва оптимальна структура витрат дає змогу знизити собівартість та підвищити урожайність яблук.

Ключові слова: економіко-математичне моделювання, симплекс-метод, оптимізація, виробничі витрати, собівартість, урожайність.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202302-10>

Садівництво — традиційна галузь сільсько-го господарства України. В умовах ринкової економіки, екологічної нестабільності, економічної та продовольчої кризи особливої актуальності набуває питання раціонального використання ресурсів і радикального поліпшення управління витратами в цій галузі. Йдеться насамперед про розподіл витрат, визначення їх доцільності та пошук способів досягнення необхідної прибутковості в умовах загострення проблеми конкурентоспроможності плодово-ягідної продукції на світових ринках як за її якістю, так і за ціною. Україна стала повноправним членом Світової організації торгівлі, реалізує економічні відносини з країнами-членами ЄС, тож зазначені проблеми постають особливо гостро. Виявити взаємозв'язок між економічними показниками, що досліджуються, та факторами, які впливають на їхню величину, дає змогу економіко-математичне моделювання.

Питання розвитку інтенсивного садівництва й ефективного планування виробництва плодово-ягідної продукції досліджували, зокрема, Бублик М.О. [1], Єрмаков О.Ю. [2, 3], Кушнірук В.С. [4], Лобас М.Г. [5]. Методи економіко-математичного моделювання у своїх дослідженнях застосовували Григорук П.М., Параска С.Г. [6], Єрмаков О.Ю., Слєпцова Л.П. [7], Золотницька Ю.В. [8], Нестерчук Ю.О., Тупчій О.Т. [9], Вітлінський В.В. [10]. Можливість зниження собівартості вивчали Дивнич О.Д., Демиденко Л.М. [11]. Проте проблемі оптимізації виробничих витрат у садівництві із застосуванням методів економіко-математичного моделювання належна увага не приділялася.

Мета досліджень — побудувати економіко-математичну модель оптимізації структури виробничих витрат у садівництві.

Матеріали і методи досліджень. Застосовували наукові абстракції — для формування теоретичних узагальнень і висновків; економіко-математичний метод — для оптимізації структури витрат у садівництві; методи системного аналізу та синтезу — для встановлення причинно-наслідкових зв'язків при формуванні виробничих витрат у садівництві. Дослідження проводили на різних конструкціях насаджень яблунь на підщепах.

Результати досліджень. Метою кожного садівницького підприємства є отримання максимального прибутку за мінімальних витрат. Адже прибуток — це основний критерій ефективності будь-якого виробництва. Підвищити економічну ефективність садівництва в умовах ринкової економіки можна за рахунок раціонального використання усіх наявних ресурсів і зниження собівартості продукції зі збереженням її якісних характеристик. До того ж оптимізація виробничих витрат завдяки вдосконаленню наявного ресурсного потенціалу дасть змогу збільшити обсяги виробництва. Застосування методу оптимізаційного моделювання забезпечує більший ефект у разі використання різних конструкцій насаджень яблуні.

Економічна задача з пошуку критерію максимізації врожайності за рахунок оптимізації витрат розв'язується методом лінійного програмування. Робиться це у чотири етапи.

1. Визначення цільової функції, що має виражати поставлену мету. В нашому випадку мета полягає у знаходженні оптимального співвідношення витрат, яке б забезпечувало розрахунковий максимум урожайності за умови найповнішого використання необхідних виробничих ресурсів.

2. Обґрунтування базових припущень, із використанням яких будуватиметься модель, а саме:

- математична модель застосовується для оптимізації витрат на виробництво зерняткових культур (яблук);

- джерела фінансування процесу вирощування яблук не уточнюються, проте їх обсяг обмежується;

- рівень товарності продукції садівництва приймається за 100%, тому обмеження виробництва попитом на продукцію не розглядається.

3. Установлення обмежень, що виражаються як лінійні функції.

4. Пошук оптимального рішення (воно буде визначене за допомогою симплекс-методу).

Вибір критерію оптимальності має забезпечити найвищу ефективність виробництва, зокрема максимальну продуктивність насаджень зерняткових культур. Критерієм нашої задачі є цільова функція, що визначає максимальну врожайність при обґрунтованих витратах. Саме вона слугуватиме формулою для розрахунку врожайності яблук:

$$\sum_{i=1}^n (c_i \cdot x_i) \rightarrow \max,$$

де x_i — обсяг витрат i -го виду ресурсу на 1 га плодоносних насаджень культур (яблук) у вартісному виразі; c_i коефіцієнт впливу i -го виду витрат на врожайність яблуні, розрахований за допомогою кореляційно-регресійного аналізу.

Модель функціонуватиме за умови додержання низки обмежень:

1) щодо врожайності яблук:

$$y_{\min} \leq y \leq y_{\max};$$

2) щодо нормативного використання трудових, фінансових і матеріальних ресурсів:

$$x_i \geq b_i \cdot p_i,$$

де b_i — норма витрат i -го виду ресурсу на 1 га насаджень яблуні у вартісному виразі, а p_i — ціна i -го виду ресурсу;

3) щодо економічного використання трудових, фінансових та матеріальних ресурсів:

$$x_i \geq d_i,$$

де d_i — максимальний по виборці обсяг витрат i -го виду ресурсу у вартісному виразі на 1 га насаджень яблуні;

4) щодо обсягів фінансування:

$$\sum_{i=1}^n (c_i \cdot x_i) \geq p,$$

де p — заплановані джерела фінансування, що можуть бути залучені на вирощування яблунь.

Отже, потрібно знайти значення змінних x_1, x_2, \dots, x_n , які задовольняють умови обмежень і в яких цільова функція набуває екстремального (максимального) значення:

$$\text{Max } F = \sum_{i=1}^n (c_i \cdot x_i).$$

Сформульована задача лінійного програмування була розв'язана із застосуванням симплексного методу — процедури, що дає змогу, починаючи з певного опорного плану, за скінченну кількість кроків одержати оптимальний план задачі. Із використанням заданих параметрів вона була реалізована за допомогою Microsoft Excel.

Дієвість запропонованої моделі апробовано на прикладі виробничих витрат, що йдуть на догляд і збирання врожаю в різних конструкціях насаджень яблуні на підщепах, а саме М.9, ММ.26 та ММ.106.

Для обґрунтування доцільності використання розробленої методики здійснено порівняльний аналіз фактичних даних, отриманих у процесі виробництва, і модельних, одержаних на основі оптимізації структури виробничих витрат. Вихідні дані для розв'язання оптимізаційної задачі наведено в табл. 1.

Економіко-математична модель оптимізації витрат із урахуванням вихідних даних (табл. 1), визначених на підставі первинних розрахунків, у середовищі Microsoft Excel матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{Max } F = & 93,05390625 - 0,3990234375 \cdot X_1 - \\ & - 103,3578125 \cdot X_2 + 0,5905334473 \cdot X_3 + \\ & + 4,528320313 \cdot X_4 + 8,432226563 \cdot X_5 + \\ & + 7,35546875 \cdot X_6 + 0,6267578125 \cdot X_7 + \\ & + 19,1109375 \cdot X_8 - 2,203515625 \cdot X_9, \end{aligned}$$

де X_1 — витрати на оплату праці; X_2 — амортизація сільськогосподарської техніки; X_3 — амортизація багаторічних насаджень; X_4 — витрати на паливно-мастильні матеріали; X_5 — витрати на органічні добрива; X_6 — витрати на мінеральні добрива; X_7 — витрати на засоби захисту; X_8 — інші прями витрати; X_9 — загальновиробничі витрати.

1. Виробничі витрати на догляд за врожаєм і його збирання за різних конструкцій насаджень яблуні*

Показник	Конструкції яблунь на підщепах						
	М.9		ММ.26		ММ.106		
Схема садіння, м	4×1	4×0,5	4×1	4×0,5	4×2	4×1,5	4×1
Урожайність, т/га	16,8	25,4	20,7	21,7	16,1	18,4	19,3
Витрати на оплату праці, тис. грн/га	28,0	47,0	30,0	45,2	20,3	23,9	29,3
Амортизація сільгосптехніки, тис. грн	1,9	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
Амортизація багаторічних насаджень, тис. грн	33,6	52,7	33,6	52,7	18,7	21,4	26,8
Витрати на паливно-мастильні матеріали, тис. грн	15,1	17,5	16,2	16,5	14,9	15,5	15,8
Витрати на органічні добрива, тис. грн	2,3	3,0	2,7	2,8	2,1	2,5	2,6
Витрати на мінеральні добрива, тис. грн	2,2	3,3	2,6	2,8	2,0	2,3	2,5
Витрати на засоби захисту, тис. грн	16,2	20,3	18,4	21,0	15,3	16,4	16,9
Інші прями витрати, тис. грн	3,2	4,3	3,3	4,1	2,8	3	3,3
Загальновиробничі витрати, тис. грн	9,9	16,2	10,5	15,6	7,3	8,5	10,3
Площа насаджень, га	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Обсяги фінансування на вирощування саду	112,4	166,4	119,3	162,7	85,3	95,4	109,4

*Розраховано за результатами технологічних досліджень в Інституті садівництва НААН.

Далі перелічено обмеження, які були застосовані при побудові цієї моделі.

1. Обмеження щодо врожайності яблук: $16,0 \leq y \leq 27,0$.

2. Обмеження щодо контрольного використання трудових і матеріальних ресурсів:

$$X_1 \geq 28, X_2 \geq 1,9, X_3 \geq 33,6, X_4 \geq 15,1, X_5 \geq 2,3, \\ X_6 \geq 2,2, X_7 \geq 16,2, X_8 \geq 3,2, X_9 \geq 9,9,$$

де ліві частини нерівностей за необхідності обмежуються наявними ресурсами підприємства, а праві — нормами їх витрачання згідно з контрольними нормативами.

3. Обмеження щодо економічного використання трудових, фінансових і матеріальних ресурсів, які приймалися з урахуванням максимальних витрат за визначеними статтями собівартості яблук: $X_1 \geq 47, X_2 \geq 2,1, X_3 \geq 52,7, X_4 \geq 17,5, X_5 \geq 3,0, X_6 \geq 3,3, X_7 \geq 21,0, X_8 \geq 4,3, X_9 \geq 16,2$.

4. Обмеження щодо обсягів фінансування: Z не перевищує обсягу наявних фінансових ресурсів, запланованих у кошторисі витрат.

Крім того, враховано, що $Z = \sum_{i=1}^n (c_i \cdot x_i) \cdot S$, де S — площа насаджень.

На підставі результатів проведених досліджень максимальну врожайність яблук можна розрахувати, скориставшись відомостями про витрати, наведеними в табл. 2.

Аналіз результатів моделювання свідчить про можливість підвищення врожайності яблунь за умови раціонального розподілу витрат. Так, порівнюючи фактичні показники фінансування із даними, отриманими в результаті моделювання, доходимо висновку про необхідність обґрунтованого підходу до фінансування витрат на мінеральні та органічні добрива, засоби захисту та оплату праці, оскільки саме ці статті витрат є найбільш вагомими при формуванні врожайності. Результати моделювання оптимізації витрат дають можливість знизити собівартість яблук (табл. 3). Зокрема, згідно з цією таблицею, цілком реально витрати на їх вирощування зменшити на 11,88–28,81%, а урожайність завдяки оптимізації підвищити з 16,8 до 27,0 т/га.

Слід зауважити, що запропонований оптимальний план не є остаточним, оскільки варіювання ринкових цін на ресурси й обсяги їх використання, а також зміни технологічних умов вирощування яблук потребують оперативного коригування запланованих витрат. Розрахунковий максимум урожайності може змінюватися залежно від технологій вирощування і конструкцій насаджень. Симплексу таблицю завдяки закономірностям математичного методу зручно

2. Результати моделювання оптимізації витрат на вирощування яблук

Показник	Конструкції яблунь на підщепі						
	М9		ММ26		ММ106		
Схема садіння, м	4×1	4×0,5	4×1	4×0,5	4×2	4×1,5	4×1
У Урожайність, т/га	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00	27,00
X ₁ Витрати на оплату праці, тис. грн	47,00	47,00	29,11	47,00	43,86	43,86	29,90
X ₂ Амортизація сільгосптехніки, тис. грн	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
X ₃ Амортизація багаторічних насаджень, тис. грн	35,03	39,92	33,60	39,92	18,70	18,70	18,70
X ₄ Витрати на паливно-мастильні матеріали, тис. грн	15,60	15,16	15,10	15,16	15,10	15,10	15,10
X ₅ Витрати на органічні добрива, тис. грн	2,30	3,00	2,30	3,00	3,00	3,00	2,82
X ₆ Витрати на мінеральні добрива, тис. грн	2,78	2,20	2,20	2,20	3,30	3,30	3,05
X ₇ Витрати на засоби захисту, тис. грн	20,96	16,87	16,2	16,87	21,00	21,00	18,47
X ₈ Інші прямі витрати, тис. грн	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
X ₉ Загальноновиробничі витрати, тис. грн	16,20	16,20	14,74	16,2	15,80	15,80	16,06
Обсяги фінансування вирощування яблук, тис. грн	145,17	145,65	118,55	145,65	126,06	126,06	109,40

3. Економічний ефект від застосування змодельованих параметрів

Показник	Конструкції яблунь на підщепі						
	М9		ММ26		ММ106		
Схема садіння, м	4×1	4×0,5	4×1	4×0,5	4×2	4×1,5	4×1
Собівартість 1 т яблук згідно з моделлю, тис. грн	5,376	5,394	4,391	5,394	4,668	4,668	4,052
Фактична собівартість 1 т яблук, тис. грн	6,690	6,551	5,763	7,497	5,298	5,184	5,668
Економія (перевитрата коштів), %	-19,64	-17,66	-23,81	-28,05	-11,88	-11,88	-28,52
Урожайність згідно з моделлю, т/га	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Фактична урожайність, т/га	16,8	25,4	20,7	21,7	16,1	18,4	19,3
Приріст (зниження) врожайності, %	+60,71	+6,30	+30,43	+24,42	+67,70	+46,74	+39,9

використовувати для побудови інших варіантів плану. Завжди існують альтернативи,

які можуть бути використані за умови введення додаткових умов планування.

Висновки

Оптимізація структури витрат за допомогою методів економіко-математичного моделювання є одним із способів ефективного управління фінансами. Обґрунтована для галузі садівництва оптимальна структура витрат забезпечуватиме зниження собівартості та ріст урожайності насаджень яблунь, можливість ефективного використання усіх наявних ресурсів.

Запропонована економіко-математична модель оптимізації структури виробничих витрат у садівництві є адаптивною не лише в сенсі підвищення адекватності опису існуючих структурно-функціональних особливостей діяльності в галузі садівництва, економічної обґрунтованості запропонованих управлінських рішень, а й у сенсі можливостей урахування екологічного й соціального чинників.

Sleptsova L.

Institute of Horticulture of NAAS; 23 Sadova Str., vil. Novosilky, Fastiv district, Kyiv oblast, 03027, Ukraine; e-mail: muhomorluyda@ukr.net; ORCIDID: 0000-0003-3509-1267

Economic-mathematical modeling of optimization of production costs in horticulture

Goal. To build an economic-mathematical model of optimizing the structure of production costs and to reveal the relationship between the investigated indicators and the factors that influence their value.

Methods. Scientific abstractions — for the formation of theoretical generalizations and conclusions; the economic-mathematical method — to optimize the cost structure in horticulture; the method of system analysis and synthesis — to establish cause-and-effect relationships in the formation of production costs in horticulture. **Results.** To improve the management of expenses in the direction of their optimization, it is advisable to use the method of optimization modeling for various structures of apple plantations. The analysis of the simulation results indicates the possibility of reducing the cost of growing apples under the condition of rational distribution of costs. A comparison of the actual indicators of financing apple cultivation with those obtained in the modeling process shows the need for a reasonable approach to spending money on mineral and

organic fertilizers, means of protection, and wages. It is these cost items that are the most important in shaping the yield of apples according to the correlation-regression analysis and the data obtained during the calculation of the economic-mathematical model of cost optimization. From the equation obtained as a result of conducting such an analysis, it follows that the listed factors should be placed in the following order according to the degree of importance: depreciation of agricultural machinery, other direct costs, costs of organic fertilizers and mineral fertilizers, fuel and lubricants, general production costs, costs of protective equipment, depreciation of perennial plantings, labor costs. Using the results of cost optimization modeling, it is quite possible not only to increase the yield of apples by 11.88–28.81% but also to reduce their cost price and to reduce total costs by 6.3–67.7%. **Conclusions.** Optimizing the cost structure using the methods of economic-mathematical modeling is one of the ways to effectively manage funds. The optimal cost structure justified for the horticulture industry makes it possible to reduce the cost price and increase the yield of apples.

Keywords: economic-mathematical modeling, simplex method, optimization, production costs, cost, productivity.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202302-10>

Бібліографія

1. Бублик М.О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. Київ: Нора-Друк, 2005. 288 с.
2. Ермаков А.Е. Развитие и эффективность садоводческих предприятий разных форм хозяйствования: монография. Київ: Віпол, 1997. 292 с.
3. Ермаков О.Ю. Інноваційне забезпечення розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2019. 182 с.
4. Кушнірук В.С. Економіко-математичне моделювання як важливий чинник розвитку агропромислового комбінунвання у садівництві. *Інноваційна економіка*. Тернопіль: ТІ АПВ УААН, 2009. № 4 (14). С. 103–108.
5. Лобас М.Г. Ефективність використання виробничих ресурсів у садівництві: монографія. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2017. 200 с.
6. Григорук П.М., Параска С.Г. Аналіз економіко-математичних моделей інноваційної діяльності підприємства. *Наук. вісник Херсонського державного університету*. Серія: Економічні науки. 2014. Вип. 7. Ч. 2. С. 162–164.
7. Ермаков О.Ю., Слепцова Л.П. Моделювання конкурентоспроможних садівницьких інноваційно орієнтованих підприємств. *Український журнал прикладної економіки*. 2019. Т. 4. № 4. С. 183–190.
8. Золотницька Ю.В. Економіко-математичне моделювання оптимізації виробничих витрат у хмелярстві. *Економіка АПК*. 2011. № 11. С. 27–31.
9. Нестерчук Ю.О., Тупчий О.Т. Ефективний розвиток садівництва на основі оптимізації сортової структури багаторічних насаджень. *Актуальні проблеми економіки*. 2016. № 9 (183). С. 372–381.
10. *Економіко-математичне моделювання: навч. посібник*; за ред. В.В. Вітлінського. Київ: КНЕУ, 2008. 536 с.
11. Дивнич О.Д., Демиденко Л.М. Інноваційні напрями зниження собівартості виробництва продукції рослинництва. *Економіка і суспільство*. 2017. Вип. 13. С. 435–441.