



УДК 631.1+631.5/9  
© 2010

**Т.М. Болотова**

*Харківський національний  
автомобільно-дорожній  
університет*

**М.П. Лісовий,**  
**академік УААН**

*Інститут  
захисту рослин УААН*

**Я.С. Гуков,**  
**академік УААН**

**В.І. Макаров,**  
**доктор фізико-  
математичних наук**

*ННЦ «Інститут механізації  
і електрифікації сільського  
господарства» УААН*

## **ЕКОНОМІКА ТЕХНОЛОГІЙ ТОЧНОГО РОСЛИННИЦТВА**

*Удосконалено теорію економічного аналізу  
виробничих процесів у рослинництві на основі  
виробничих функцій і функцій мети.  
Сформульовано критерій оптимізації прибутку  
виробництва сільськогосподарського  
підприємства в галузі рослинництва за рівнем  
окупності витрат.*

**Мета досліджень** — економічне обґрунтування напрямів впровадження елементів точних технологій рослинництва в практику та створення методичного інструментарію для економічного аналізу виробничого процесу вирощування сільськогосподарських культур і формулювання аналітичних критеріїв для прийняття управлінських рішень.

**Результати та їх обговорення.** Точні технології являють собою сукупність інформаційних технологій (глобальні інформаційні системи GPS, GIS і сенсорні технології для діагностики рослин та ґрунту), агротехнологій (агрономічна система «cropping system», технологічні процеси вирощування сільськогосподарських культур), технічних засобів (сільськогосподарська техніка з автоматизованими системами управління, яка дає змогу змінювати технологічні завдання у процесі виконання технологічних процесів).

Науково-технологічні основи виробничого циклу в рослинництві, системи підтримки прийняття рішень про вибір техніки, методів проведення технологій та системи економічної під-

тримки виробництва базуються, в основному, на 3-х об'єктивно існуючих фундаментальних закономірностях матеріального світу.

Ґрунт — гетерогенне, неоднорідне і динамічне середовище, що складається з хімічних елементів і сполук у конденсованому стані, газоподібної фази і активних біологічних об'єктів.

Фізіологічні закони розвитку рослин (закони Лібіха: максимуму, мінімуму і оптимуму) можна інтерпретувати в термінах багатофакторної функції урожайності  $Y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , яка має максимум при деяких значеннях змінних параметрів  $X_1=X^0$ .

Родючість ґрунту (урожайність рослин) — інтегральна характеристика системи «ґрунт — рослина — зовнішні умови», кількісною характеристикою якої є величина врожаю, виражена у вагових одиницях на одиницю площі ґрунту.

Наведене визначення родючості ґрунту принципово відрізняється від визначення у ДСТУ 27593—88: «родючість ґрунту — здатність ґрунту задовольняти потребу рослин в елементах живлення, волозі і повітрі, а також забезпечувати умови їх нормальної життєздат-

ності». Родючість ґрунту за ДСТУ не має розмірності і не може бути економічним чинником.

Для кількісного визначення інтегральних характеристик системи «ґрунт — рослина — зовнішні умови» в США використовують агрономічну систему «cropping system» [7, 8]. Кількісною інтегральною характеристикою системи «ґрунт — рослина — зовнішні умови» є функція урожайності рослин, яка експериментально визначається для конкретних полів і є виробничою функцією в економічній моделі «витрати — випуск» [7]. Агрономічна система «cropping system» є засобом «для определения абсолютного достоинства почвы, т.е. для определения их урожайности в четвертинках или пудах какого-либо хлеба, в пудах сена и т.п.» [4]. Автор розглядає родючість ґрунту як економічний чинник [4].

Основою для економічного аналізу технологічного процесу вирощування рослин є вибір аналітичного виразу для виробничої функції. У рослинництві виробнича функція є відображенням фізіологічних законів Лібіха, математична інтерпретація яких дає змогу запропонувати односторонній аналітичний вираз для функції урожайності  $Y(x)$  у межах її максимуму (закон оптимуму) [1, 5]:

$$Y(x) = Y(X^0) - \alpha(X^0 - x)^2, \quad (1)$$

де  $Y(X^0)$  — максимум функції урожайності;  $X^0$  — технологічна норма підживлення рослини, яка відповідає максимуму функції урожайності;  $\alpha$  — параметр фізіологічного розвитку рослини, який є важливою характеристикою при прийнятті рішень щодо вибору технологічної норми добрив або меліарантів;  $x$  — параметр, еквівалентний дозі добрив або меліарантів.

Закони Лібіха — загальні для різних сільськогосподарських культур. Тому аналітичний вираз (1) відображає фундаментальну закономірність фізіологічного розвитку рослин у межах максимуму врожайності, який кількісно визначає генетичний потенціал рослини в даних зовнішніх умовах.

При економічному аналізі технологічних процесів вирощування продукції рослинництва необхідно врахувати наявність 3-х типів особливих точок [1, 2, 5, 7]. Точки першого типу  $x = X^K$  відповідають максимуму функції прибутку  $W(x)$ :

$$W(x) = P_Y[Y(X^0) - \alpha(X^0 - x)^2] - P_M x - Z(c) \quad (2)$$

і визначають беззбиткову технологічну норму внесення добрив (в англійській термінології «break-even point»)  $X^K$  та величину врожаю  $Y(X^K)$  [2—5]:

$$X^K = X^0 - P_M / 2\alpha P_Y, \quad (3)$$

$$Y(X^K) = Y(X^0) - \alpha(X^0 - X^K)^2 = Y(X^0) - \alpha(P_M / 2\alpha P_Y)^2, \quad (4)$$

де  $P_Y$  — ціна реалізації продукції;  $P_M$  — ціна на добрива;  $Z(c)$  — умовно постійні витрати.

Точки другого типу  $x = X^{NI}$  відповідають максимуму функції окупності витрат  $NI(x)$ :

$$NI(x) = P_Y[Y(X^0) - \alpha(X^0 - x)^2] / [P_M x + Z(c)] \quad (5)$$

і визначають технологічну норму внесення добрив  $X^{NI}$  та величину врожаю  $Y(X^{NI})$ , за якої окупність витрат є максимальною:

$$\begin{aligned} X^{NI} &= [-Z(c) / P_M] + \\ &+ \sqrt{[Z(c) / P_M + X^0]^2 - Y(X^0) / \alpha}, \quad (6) \\ X^{NI} &= X^0 - \max NI(P_M / 2\alpha P_Y) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y(X^{NI}) &= Y(X^0) - \alpha(X^0 - X^{NI})^2 = \\ &= Y(X^0) - \alpha(P_M \max NI / 2\alpha P_Y)^2, \quad (7) \end{aligned}$$

де величина  $\max NI(x) = (X^0 - X^{NI}) / (X^0 - X^K)$ .

За формулами (4) і (7), при виборі посівного матеріалу, паспортом якого є кількісні значення параметрів функції урожайності (1), необхідно враховувати як параметри функції урожайності  $Y(X^0)$ ,  $X^0$  і  $\alpha$ , так і співвідношення ринкових цін  $P_M / P_Y$  і величину окупності витрат  $\max NI$ .

Точки третього типу  $x = X_{B1}$  і  $x = X_{B2}$  визначаються рівняннями:  $x_{B1} = X^K - \sqrt{(\max W) / P_Y \alpha} > 0$  і  $x_{B2} = X^K + \sqrt{(\max W) / P_Y \alpha}$ , у яких функції прибутку  $W(X_{B1}) = 0$  та  $W(X_{B2}) = 0$ .

Здійснений економічний аналіз технологічного процесу вирощування рослин дає змогу сформулювати принципово новий критерій оптимізації прибутку виробництва сільськогосподарського підприємства за рівнем величини окупності витрат  $NI(x)$ . Основою критерію є зв'язок між величиною зменшення прибутку

$$\Delta W = W(X^K) - W(X^{NI}) = P_Y \alpha (X^K - X^{NI})^2$$

і економією витрат на придбання добрив  $\Delta C_M = P_M (X^K - X^{NI})$  за рахунок зменшення технологічної норми внесення добрив від  $X^K$  до  $X^{NI}$ . Цей зв'язок визначається рівнянням:

$$\Delta W = \Delta C_M [( \max NI ) - 1] / 2. \quad (8)$$

За формулою (8), для виробництва підгалузі рослинництва, максимум окупності витрат якого менше ніж 3, завжди економічно вигідно вносити добрива з технологічною нормою  $X^{NI}$ , що відповідає максимуму окупності витрат.

Обговоримо, які загальні критерії для прийняття рішень про виробничу діяльність сільськогосподарського підприємства виходять зі встановленого органічного зв'язку фізіологічних

законів розвитку рослин з економічним законом спадаючої віддачі — законом Тюрго (формули 1—8).

Вихідною позицією для економічного аналізу ефективності виробничих процесів у рослинництві є рівень окупності витрат виробництва, який визначають за формулою  $NI = \max NI$ :

$$NI = \gamma P_Y / P_C, \quad (9)$$

де  $\gamma = Q_R / Q_P$  — рівень товарності виготовленої продукції, рівний співвідношенню обсягу реалізації  $Q_R$  і обсягу виготовленої продукції  $Q_P$ ;  $P_C = Z_1 / Q_P$  — повна собівартість виготовленої продукції  $Q_P$ ;  $Z_1$  — повні витрати, віднесені на обсяг виготовленої продукції  $Q_P$ .

Величини  $\gamma$  і  $P_Y$  визначаються ринком попиту, а величина  $P_C$  істотно залежить від планування технологічного процесу і системи управління виробництвом.

За прогнозованою величиною  $NI = \max NI$ , яка, як правило, менше 3, чисельними значеннями параметрів функції урожайності (1) та ринковими цінами  $P_Y$  і  $P_M$  можна визначити технологічну норму внесення добрив  $X^{NI}$  за допомогою формули (6), величину урожаю  $Y(X^{NI})$  — за формулою (7) і витрати на добрива  $Z_2 = P_M X^{NI}$ . Умовно постійні витрати  $Z(c) = Z_1 - Z_2$  є лінійною функцією своїх часток, які можна мінімізувати за допомогою методів лінійного програмування [3, 6].

## Висновки

Удосконалено теорію економічного аналізу виробничих процесів у рослинництві на основі виробничих функцій і функцій мети. Установлено, що коли відома функція урожайності сільськогосподарських культур, то аналіз економічної ефективності вирощування продукції рослинництва припускає оптимізацію прибутку за допомогою виробничої функції та мінімізацію умовно постійних витрат  $Z(c)$  за допомогою методів лінійного програмування. В Україні вихідною позицією для економічного аналізу ефективності виробничих процесів є не функція урожайності рослин, а величина прогнозованого (планованого) урожаю і норма

внесення добрив для забезпечення рослин підживленням, щоб отримати цей урожай. Така методологія аналізу припускає знаходження комбінації «урожай + технологічна норма» методом перебору, при якій величина прибутку  $W > 0$ . Загалом такий підхід не дає змоги визначити оптимальний план виробництва, який відповідає оптимальній величині прибутку [8, 9]. Проведений економічний аналіз свідчить про те, що за відсутності в Україні системи врожайності аналога агрономічної системи «cropping system» усі агрономічні рекомендації агрономів і економістів товаровиробникам з великою імовірністю є збитковими.

## Бібліографія

1. Болотова Т.Н. Анализ агроэкономической модели точных технологий в растениеводстве // Вісн. ХНТУСГ. — Харків, 2007. — Вип. 49. — С. 76—83.
2. Болотова Т.Н. Точки безубыточности в экономике растениеводства // Там само. — Харків, 2009. — № 5. — С. 204—213.
3. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 277 с.
4. Костычев А.П. Почвоведение. — М.-Л.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1940. — 220 с.
5. Макаров В.И., Лесовой М.П., Болотова Т.Н. Современные основы экономики точного растениеводства // Вісн. ХНАУ. — Харків, 2009. — № 6. — С. 14—25.
6. Ульянченко О.В. Дослідження операцій в економіці. — Харків: Гриф, 2002. — 380 с.
7. Хеди Э., Диллон Д. Производственные функции в сельском хозяйстве. — М.: Прогресс, 1965. — 607 с.
8. Shanahan J., Schepers J., Varvel G., Wilhelm Integrated W. Crop and Soil Management Systems for Water Quality Protection and Agricultural Sustainability/Presantation, USDA, Lincoln, NE. 2002.