

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Скляр О. Г., к.т.н.,

Скляр Р. В., к.т.н.,

Григоренко С.М., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.*

Інтенсивне землеробство передбачає не тільки одержання високих врожаїв, а й підтримання та підвищення родючості ґрунтів, чого можна досягти за позитивного балансу гумусу й поживних елементів [1]. Розроблено низку методів, які допомагають вирішувати дану проблему, проте дійсне значення добрив у процесі сільськогосподарського виробництва можна правильно зрозуміти лише у взаємозв'язку з іншими факторами, що формують рівень урожайності сільськогосподарських культур у межах одного і того ж періоду. Мінеральні добрива є чинником управління мінеральним живленням рослин, тобто доповнення недостатньої кількості в ґрунті NPK до оптимального рівня для конкретної сільськогосподарської культури.

Для вирішення поставленого завдання необхідно побудувати економіко-математичну модель оптимізації використання фондів добрив і реалізувати її на ПЕОМ [2]. Всі ці умови враховані в динамічній економіко-математичній моделі оптимізації розподілу обмежених фондів органічних і мінеральних добрив під сільськогосподарські культури.

Необхідність ефективно використовувати добрива викликана:

- економічними аспектами;
- впливом добрив на якість продукції врожаю;
- можливим негативним впливом на навколишнє середовище.

Оптимальний розподіл мінеральних добрив забезпечує підвищення урожайності сільськогосподарських культур, а це означає покращення продуктивності праці, зменшення собівартості продукції, що виробляється. Ефект від застосування добрив може бути як агрономічним, так і економічним [3].

Результат дії добрив на урожайність сільськогосподарських культур, тобто набавка врожаю з 1 га є агрономічним ефектом, який може бути виражений виходом кінцевої продукції (овочі, фрукти, цукор тощо) або промисловою сировиною чи в умовних одиницях [4]. Агрономічний ефект удобрення є функцією природних та організаційно-господарських умов.

Економічну ефективність використання добрив характеризують наступні показники: вартість додатково отриманої продукції,

додатковий дохід, який визначається як різниця вартістю додаткової продукції та додатковими витратами, окупність витрат, зниження собівартості продукції, підвищення продуктивності праці.

Виходячи із наявних у господарстві обсягів мінеральних добрив та структури посівних площ сільськогосподарських культур, визначити, які види добрив, у яких сумішах, під які культури, яким способом, на якій площі слід вносити, щоб досягти найкращого економічного ефекту.

В якості критерію оптимальності використовують показники: валова (товарна) продукції, вартість валової (товарної) продукції, окупність кормів, дохід від внесення добрив тощо [5].

Вихідна інформація та етапи її підготовки [5].

Важливою інформацією при розв'язку такої задачі є природно - економічні умови існування господарства, особливості вирощування сільськогосподарських культур, тип, якість чи фактичний стан ґрунтів, а також необхідно мати наступну інформацію:

- наявність органічних і мінеральних добрив у господарстві. По мінеральних добривах визначають кількість діючої речовини, по органічних – загальний обсяг по видах;
- площі посіву різних сільськогосподарських культур. Якщо одна і та сама культура висівається на різних ділянках з різними типами ґрунтів, після різних попередників, то площі розраховуються з урахуванням цих особливостей;
- способи внесення добрив по кожній культурі. У відповідності до технологічних карт встановлюються способи та терміни внесення добрив з урахуванням особливостей її вирощування;
- норми та суміші мінеральних добрив на 1 га в залежності від способу внесення добрив під різні сільськогосподарські культури. Ці показники визначають на основі попереднього досвіду господарства, даних відповідних науково-дослідних інститутів, дослідних лабораторій, довідників тощо;
- приріст урожаю у натуральному чи грошову виразі по кожній культурі у залежності від внесеної суміші добрив на 1 га.

В умовах господарства, згідно регіональної агротехнічної лабораторії, можна отримати надбавки врожаю у залежності від різних способів внесення добрив.

Для запису числової економіко-математичної моделі наведемо такий ПРИКЛАД.

Етап 1. Постановка задачі та обробка вихідних даних. Розрахувати оптимальний план розподілу мінеральних добрив, при якому загальна вартість прибавки врожаю була б максимальною. Вихідна інформація наведена в таблиці 1.

Вихідні дані про культури по ділянках

Культури	№ ділянки	Площа посіву, га	Урожайність без внесення добрив, ц/га	Дози внесення добрив на 1 га, ц д. р.			Прибавка урожайності за рахунок внесення добрив	
				азотних	фосфорних	калійних	ц/га	гр.од*./га
Озима пшениця	1	100	12,5	0,6	0,8	0,4	7,5	105
	2	55	16	0,6	0,9	0,5	8	112
	3	94	17	0,7	1	0,4	8	112
	4	71	19,5	0,8	1	0,6	9,3	130,2
Озимий ячмінь	1	87	14	0,5	0,7	0,4	6,9	120,8
	2	48	15,8	0,6	0,7	0,4	7,2	126
	3	23	17,6	0,6	0,8	0,5	7,4	129,5
Картопля	1	54	136	0,3	0,7	0,5	34,2	444,6
	2	39	137	0,3	0,7	0,5	38	494
	3	28	148	0,3	0,8	0,6	39	507
	4	42	152	0,4	0,9	0,7	41,5	539,5
	5	69	155	0,4	1	0,7	45,6	592,8

* гр.од. – умовна грошова одиниця.

Під культури виділяється наступна кількість мінеральних добрив: азотних – 267 ц д. р., фосфорних - 481 ц д. р, калійних – 319 ц д. р. Крім того за планом необхідно виробити 9700 ц зерна та 40 000 ц картоплі.

Етап 2. Розробка числової моделі.

Для розробки розгорнутої економіко-математичної моделі необхідно визначитися з системою змінних.

Система змінних – площі, що удобрюються:

x_1 – площа озимої пшениці на 1-й ділянці

x_2 - площа озимої пшениці на 2-й ділянці

x_3 - площа озимої пшениці на 3-й ділянці

x_4 - площа озимої пшениці на 4-й ділянці

x_5 - площа озимого ячменю на 1-й ділянці

x_6 - площа озимого ячменю на 2-й ділянці

x_7 - площа озимого ячменю на 3-й ділянці

x_8 - площа картоплі на 1-й ділянці

x_9 - площа картоплі на 2-й ділянці

x_{10} - площа картоплі на 3-й ділянці

x_{11} - площа картоплі на 4-й ділянці

x_{12} - площа картоплі на 5-й ділянці

Система обмежень:

1. За використанням та наявності мінеральних добрив, ц д.р.

1. азотних

$$0,6x_1+0,6x_2+0,7x_3+0,8x_4+0,5x_5+0,6x_6+0,6x_7+0,3x_8+0,3x_9+0,3x_{10}+0,4x_{11}+0,4x_{12}\leq 267$$

2. фосфорних

$$0,8x_1 + 0,9x_2 + x_3 + x_4 + 0,7x_5 + 0,7x_6 + 0,8x_7 + 0,7x_8 + 0,7x_9 + 0,8x_{10} + 0,9x_{11} + x_{12} \leq 481$$

3. калійних

$$0,4x_1 + 0,5x_2 + 0,4x_3 + 0,6x_4 + 0,4x_5 + 0,4x_6 + 0,5x_7 + 0,5x_8 + 0,5x_9 + 0,6x_{10} + 0,7x_{11} + 0,7x_{12} \leq 319$$

II. За площею, що удобрюється, га:

4. озимої пшениці на 1-й ділянці $x_1 \leq 100$

5. озимої пшениці на 2-й ділянці $x_2 \leq 55$

6. озимої пшениці на 3-й ділянці $x_3 \leq 94$

7. озимої пшениці на 4-й ділянці $x_4 \leq 71$

8. озимого ячменю на 1-й ділянці $x_5 \leq 87$

9. озимого ячменю на 2-й ділянці $x_6 \leq 48$

10. озимого ячменю на 3-й ділянці $x_7 \leq 23$

11. картоплі на 1-й ділянці $x_8 \leq 54$

12. картоплі на 2-й ділянці $x_9 \leq 39$

13. картоплі на 3-й ділянці $x_{10} \leq 28$

14. картоплі на 4-й ділянці $x_{11} \leq 42$

15. картоплі на 5-й ділянці $x_{12} \leq 69$

III. За гарантованим приростом продукції, ц

Для визначення гарантованого приросту зерна та картоплі за рахунок внесення добрив з планового показника виробництва кожного виду продукції віднімемо обсяг виробництва, що був би отриманий без внесення добрив:

Гарантоване виробництво зерна:

$$9700 - (13 \cdot 100 + 16 \cdot 55 + 17 \cdot 94 + 19,5 \cdot 71 + 14 \cdot 87 + 15,8 \cdot 48 + 17,6 \cdot 23) = 2206,3 \text{ ц}$$

Гарантоване виробництво картоплі:

$$40000 - (136 \cdot 54 + 137 \cdot 39 + 148 \cdot 28 + 152 \cdot 42 + \dots) = 6090 \text{ ц}$$

16. За гарантованим приростом зерна

$$7,5x_1 + 8x_2 + 8x_3 + 9,3x_4 + 6,9x_5 + 7,2x_6 + 7,4x_7 \geq 2206,3 \text{ ц}$$

17. За гарантованим приростом картоплі

$$34,2x_8 + 38x_9 + 39x_{10} + 41,5x_{11} + 45,6x_{12} \geq 6090 \text{ ц}$$

Цільова функція - максимум вартості прибавки врожаю:

$$F = 105x_1 + 112x_2 + 112x_3 + 130,2x_4 + 120,8x_5 + 126x_6 + 129,5x_7 + 444,6x_8 + 494x_9 + 507x_{10} + 539,5x_{11} + 592,8x_{12} \rightarrow \max$$

Етап 3. Вирішення задачі на ПЕОМ

На основі вищенаведених даних складається матриця економіко-математичної моделі, яка є основою для складання електронної таблиці для розв'язання задачі за допомогою платформи MS Excel [16].

В результаті рішення задачі лінійного програмування симплекс-методом MS Excel отримані наступні дані. Оптимальний розв'язок знайдено.

Етап 4. Аналіз результатів розв'язання задачі

Згідно **оптимального плану** (табл. 2) повністю удобрюватимуться всі ділянки за виключенням 3 і 4 під озимою пшеницею. При цьому 3-тя ділянка не удобрюватиметься зовсім, площа 4-ї ділянки – на 12,7%. В цілому удобрюватиметься 78% площі всіх ділянок.

Таблиця 2

Оптимальний план розподілу мінеральних добрив

Культури	№ ділянки	Площа посіву, га	Площа, що удобрюється		Урожайність без внесення добрив, ц/га	Планова урожайність, ц/га	Темп приросту урожайності, %
			га	відс.			
Озима пшениця	1	100	100	100	12,5	20	60
	2	55	55	100	16	24	50
	3	94	-	-	17	17	-
	4	71	9	12,7	19,5	20,7	6
Озимий ячмінь	1	87	87	100	14	20,9	49,3
	2	48	48	100	15,8	23	45,6
	3	23	23	100	17,6	25	42
Картопля	1	54	54	100	136	170,2	25,1
	2	39	39	100	137	175	27,7
	3	28	28	100	148	187	26,4
	4	42	42	100	152	193,5	27,3
	5	69	69	100	155	200,6	29,4
Разом		710	554	78	x	x	x

В таблиці 2 темп приросту урожайності, відс., визначається за формулою

$$T = \frac{Y_p - Y_0}{Y_0} \cdot 100,$$

де Y_p - планова урожайність, ц/га;

Y_0 - урожайність без внесення добрив, ц/га.

Виконання умов:

• I група обмежень – азотні добрива використовуються повністю, фосфорні та калійні добрива недовикористані відповідно на 35,3 та 39,6 ц д. р.;

• II група – мінеральні добрива не вноситимуться лише на 94 га озимої пшениці на 3-й ділянці та на 62 га її посівів на 4-й ділянці;

• III група – виробництво зерна перевищує мінімально необхідний гарантований обсяг на 183,5 ц, картоплі – 3220,2 ц.

Кількість мінеральних добрив, що вноситимуться на ділянках, надано в табл. 3.

Цільова функція: максимальна вартість приросту врожаю за рахунок внесення мінеральних добрив становитиме 158,4 тис. гр. од.

Таблиця 3

Дози внесення мінеральних добрив на окремих ділянках

Культури	№ ділянки	Площа, що удобрюється, га	Внесення добрив, ц д. р.		
			азотних	фосфорних	калійних
Озима пшениця	1	100	60	80	40
	2	55	33	49,5	27,5
	3	-	-	-	-
	4	9	7,2	9	5,4
Озимий ячмінь	1	87	43,5	60,9	34,8
	2	48	28,8	33,6	19,2
	3	23	13,8	18,4	11,5
Картопля	1	54	16,2	37,8	27
	2	39	11,7	27,3	19,5
	3	28	8,4	22,4	16,8
	4	42	16,8	37,8	29,4
	5	69	27,6	69	48,3
Разом		554	267	445,7	279,4

Висновки. Розв'язок задачі згідно запропонованої моделі передбачає розрахунок оптимального плану розподілу мінеральних добрив. Отриманий результат показав темп приросту врожайності до 60%.

Список використаних джерел

1. Скляр Р.В. Доцільність використання економіко-математичних моделей в сільському господарстві. *Інноваційні технології в АПК: матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Луцьк: Луцький НТУ. 2021. С. 122–124.

2. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

3. Скляр Р.В., Григоренко С.М. Моделювання та оптимізація річного обороту стада великої рогатої худоби. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. №13. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-13.

4. Скляр Р.В., Болтянський Б.В. Моделювання та оптимізація раціону годування дійних корів у зимовий період. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 1. №5. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-1-5.

5. Скляр Р.В. Основні принципи побудови та аналіз математичних моделей технологічних процесів. *«Молодь і технічний прогрес в АПК»*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ХНТУСГ. 2021. С. 263–266.