

О. М. Лушнікова,
асистент кафедри економіки підприємства,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВПРОВАДЖЕННЯ АНАЛОГА АГРОЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ "CROPPING SYSTEM" У ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

О. М. Lushnikova

INTRODUCTION OF ANALOGUE OF AGROEKONOMICHERSKOY SYSTEM OF "CROPPING SYSTEM" IS IN FARM

На полі фермерського господарства була визначена трифакторна виробнича функція для ярового ячменю сорту "Аспект — Е" (Еліта) від кількості азотних, фосфорних і калійних добрив і вироблені конкретні пропозиції для ухвалення рішень про стратегію і тактику планування і організації виробництва у фермерському господарстві.

On the field of farm a three-factor production function was certain for a spring barley of sort "Aspect — E" (Elite) from the amount of nitric, phosphoric and potassium fertilizers and concrete suggestions are mine-out for making decision about strategy and tactic of planning and organization of production in a farm.

Ключові слова: агрономічна система "cropping system", виробничі функції, добрива в композиції NPK, програмований урожай, особливі точки трифакторної функції, двопорожнинні гіперболоїди, ізоквантові поверхні.

Key words: agronomical system of "Cropping system", production functions, fertilizers, in compositions of NPK, programmable harvest, special points of three-factor function, dvupolostnye hyperboloids, izokvantovye surfaces.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сучасна економіка технологій вирощування сільськогосподарських культур базується на визначенні багатофакторної виробничої функції, яка є функцією мети системи економічного прогнозування врожайності, планування і управління технологіями вирощування рослин. Багатофакторна виробнича функція є відображенням функції реакції рослин на зовнішні дії, яка визначається за допомогою агрономічної системи "cropping system" на площину "витрати-випуск". Тому визначення виробничої функції в реальних виробничих умовах сільськогосподарських підприємств є актуальним завданням.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У роботах [1—4] був розроблений новий ефективний технологічний і алгоритмічний інструментарій для критеріїв ухвалення рішень щодо економічно прогнозованої врожайності сільськогосподарських культур, планування і організації виробництва товарної продукції рослинництва, зок-

рема зерна озимої пшениці у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Основою, що об'єднує технологічний і алгоритмічний інструментарій в єдину систему, є встановлені зв'язки багатофакторної функції реакції рослин на зовнішні умови з її геометричним відображенням [1—4] в NPK — просторі.

0	10	21	9	22	25	26	8
28	3	14	17	1	4	5	0
29	18	6	2	7	11	12	13
0	24	27	23	15	19	20	16

Номери ділянок: 0,28—29 — базовий азот 0,0 ц/га, 1—6 — базовий азот 0,4 ц/га, 7—14 — базовий азот 0,8 ц/га, 15—21 — базовий азот 1,2 ц/га, 22—27 — базовий азот 1,6 ц/га.

Рис. 1. Схема польової ділянки з 32-ма тестовими ділянками

МЕТА СТАТТІ

Мета статті — продемонструвати і обґрунтувати економічну доцільність використання аналога системи "cropping system" в технологічних процесах вирощування рослин на прикладі виробництва зерна ярового ячменю в конкретному фермерському господарстві для аналізу економічної ефективності технологічних процесів у рослинництві на основі виробничих функцій.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Як конкретне сільськогосподарське підприємство було вибрано фермерське господарство "Восход А", засноване на приватній власності в 2004 році.

У 2011 р. була випробувана методика польового досвіду, яка запропонована в роботі [1] для кількісного визначення параметрів функції реакції ярового ячменю "Аспект-Еліта" (Аспект-Е) на внесення азотних, фосфорних і калійних речовин, що діють у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах фермерського господарства "Восход А".

Для обґрунтування економічно оптимального аналога системи "Cropping system" у технологічних процесах вирощування рослин в Україні, у 2011 р. була реалізована схема польового досвіду (рис. 1), що складається із 32 тестових ділянок з геометричними розмірами 5x5 м², тобто 1/4 сотки.

З 32 тестових ділянок 24 ділянки (два блоки по 12) призначено для повторності, дві з функцією регресії у вигляді повного кубічного рівняння, тобто враховуються кубічні доданки типу NPK та інші кубічні складові. Останні 8 тестових ділянок — це 3 контрольних ділянки без внесення добрив, 5 ділянок — для зменшення величини матриці помилок. Залежність однофакторної функції реакції від азотної речовини, що діє, визначається з даних, отриманих у двох блоках. Схема норм речовин, що діють, вносяться на ділянки польової ділянки, яка подана в таблиці 1.

Одним із критеріїв для апроксимації експериментальних даних (табл. 1) теоретичними залежностями функції реакції рослин на зовнішні умови, що задовольняють законом Лібіха і Шелфорда [2]:

$$Y(N,P,K)_{2011} = B(1) \pm B(2)N \pm B(3)N^2 \pm B(4)P \pm B(5)P^2 \pm B(6)K \pm B(7)K^2 \pm B(8)NP \pm B(9)NK \pm B(10)PK \quad (1),$$

є величиною неоднорідності польової ділянки.

Величина неоднорідності польової ділянки врожаєм оцінювалася за відносною різницею врожаїв у двох блоках з функцією регресії у вигляді повного кубічного рівняння, тобто враховуються кубічні доданки типу NPK та інші кубічні доданки. З даних, наведених в таблиці 2, видно, що польова ділянка (рис. 1) з точністю 1% однорідна.

Таблиця 1. Залежність урожаю ярового ячменю "Аспект-Е" від кількості азотних, фосфорних і калійних діючих речовин у мінеральних добривах

n	N(ц/га)	P(ц/га)	K(ц/га)	Y2011(ц/га)	n	N(ц/га)	P(ц/га)	K(ц/га)	Y2011(ц/га)
0	0	0	0	12,69	14	0,8	1,2	1,2	13,14
0	0	0	0	13,50	15	1,2	0	0	7,41
0	0	0	0	15,08	16	1,2	0,3	0	9,55
1	0,4	0	0	9,74	17	1,2	0,3	0,3	9,55
2	0,4	0,3	0,3	8,47	18	1,2	0,9	0,9	7,52
3	0,4	0,9	0,9	7,52	19	1,2	0,9	0,3	8,71
4	0,4	0,9	0,3	11,61	20	1,2	0,3	0,9	14,59
5	0,4	0,3	0,9	11,92	21	1,2	1,2	1,2	12,57
6	0,4	1,2	1,2	9,67	22	1,6	0	0	8,14
7	0,8	0	0	9,67	23	1,6	0,3	0,3	10,20
8	0,8	0	0,3	7,50	24	1,6	0,9	0,9	7,82
9	0,8	0,3	0,3	9,39	25	1,6	0,9	0,3	6,15
10	0,8	0,9	0,9	9,34	26	1,6	0,3	0,9	12,07
11	0,8	0,9	0,3	9,10	27	1,6	1,2	1,2	14,85
12	0,8	0,3	0,9	11,98	28	0	0,3	0,9	12,80
13	0,8	1,2	0,3	9,10	29	0	1,2	1,2	14,90

Таблиця 2. Критерій перевірки однорідності польової ділянки врожаєм

n	N(ц/га)	P(ц/га)	K(ц/га)	Y2011(ц/га)	n	N(ц/га)	P(ц/га)	K(ц/га)	Y2011(ц/га)
2	0,4	0,3	0,3	8,47	1	0,4	0	0	9,74
3	0,4	0,9	0,9	7,52	4	0,4	0,9	0,3	11,61
6	0,4	1,2	1,2	9,67	5	0,4	0,3	0,9	11,92
7	0,8	0	0	9,67	9	0,8	0,3	0,3	9,39
11	0,8	0,9	0,3	9,1	10	0,8	0,9	0,9	9,34
12	0,8	0,3	0,9	11,98	14	0,8	1,2	1,2	13,14
15	1,2	0	0	7,41	17	1,2	0,3	0,3	9,55
19	1,2	0,9	0,3	8,71	18	1,2	0,9	0,9	7,52
20	1,2	0,3	0,9	14,59	21	1,2	1,2	1,2	12,57
23	1,6	0,3	0,3	10,2	22	1,6	0	0	8,14
24	1,6	0,9	0,9	7,82	25	1,6	0,9	0,3	6,15
27	1,6	1,2	1,2	14,9	26	1,6	0,3	0,9	12,07
	12	7,2	7,2	120,04	12	7,2	7,2		121,14
									120,59
									0,0091

Функції реакції ярового ячменю "Аспект-Е" на внесення мінеральних добрив, згідно з експериментальними даними (табл. 1), має вигляд [5]:

$$Y(N,P,K)_{2011} = 13,48 - 6,681N + 2,296N^2 + 6,964P - 1,0397P^2 - 16,679K + 18,504K^2 - 2,724NP + 5,209NK - 10,55PK \quad (2).$$

Коефіцієнти B(n) у формулі (2) визначалися методом найменших квадратів на основі експериментальних даних, наведених у таблиці 1.

У таблиці 3 наведена помилка в коефіцієнтах вираження (2) $\Delta B(n)$ при значенні $\chi^2 = 2,608$.

На рис. 2—3 побудовані ізоквантові поверхні трифакторної виробничої функції ярового ячменю "Аспект-Е" $Y(N,P,K) = Y_0$ при фіксованих значеннях прогнозованого врожаю Y_0 .

Таблиця 3. Значення коефіцієнтів і величина помилки в їх визначенні для функції регресії

n	B(n)	$\pm \Delta B(n)$	n	B(n)	$\pm \Delta B(n)$	χ^2
1	13.48416	0.5202	6	-16.67788	3.434	2.608
2	-6.681242	1.25	7	18.50377	3.363	
3	2.296357	0.726	8	-2.724226	1.193	
4	6.963886	3.223	9	5.209175	1.142	
5	-1.039748	2.401	10	-10.54973	2.208	

Джерело: [2].

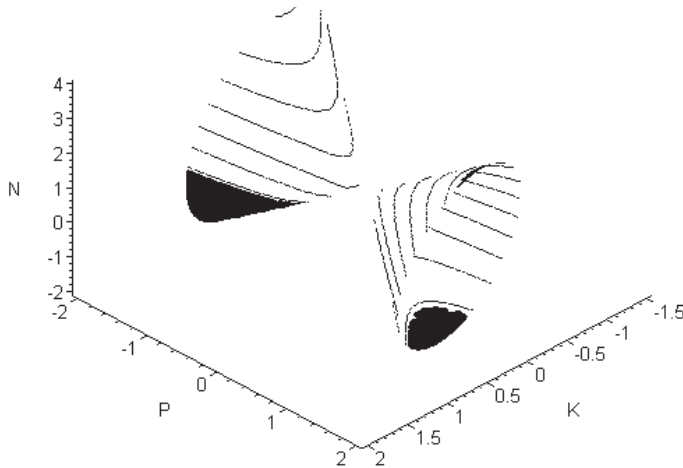


Рис. 2. Ізоквантова поверхня виробничої функції ярового ячменю "Аспект-Е" $Y(N, P, K) = 7,3$ ц/га — двопорожнинний гіперолоїд

З рис. 2—3 видно, що зі збільшенням прогнозовано-

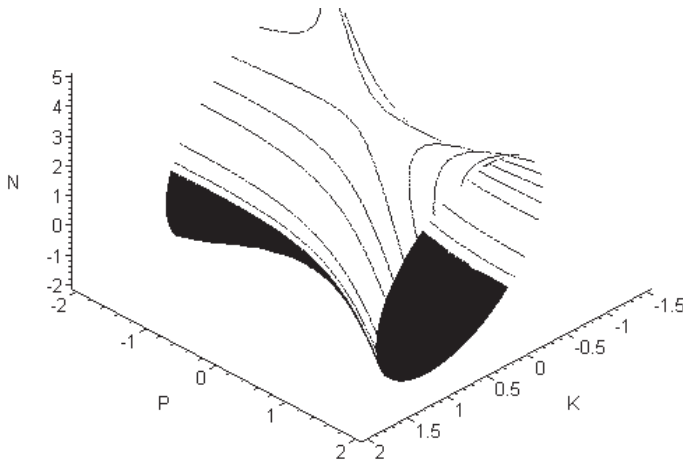


Рис. 3. Ізоквантова поверхня виробничої функції ярового ячменю "Аспект-Е" $Y(N, P, K) = 15$ ц/га — однопорожнинний гіперолоїд

го врожаю при визначеному рівні врожаю стрибкоподібно змінюється геометричний образ (топологія) ізоквантової поверхні виробничої функції $Y(N, P, K) = Y_0$, тобто спостерігається топологічний перехід від сімейства двопорожнинних гіперолоїдів до сімейства однопорожнинних.

Знаючи трифакторну виробничу функцію, визначимо прибуток і окупність витрат на проведення технологіч-

них процесів щодо забезпечення рослин живленням.

Виходячи з монографії [6], запишемо функцію прибутку (W) та окупності витрат (NI) на проведення технологій внесення добрив у вигляді:

$$W = P_Y Y(N, P, K) - P_N N - P_P P - P_K K - Z(c) \quad (3),$$

$$NI = P_Y Y(N, P, K) / (P_N N + P_P P + P_K K + Z(c)) \quad (4),$$

де P_N, P_P і P_K — ціни азотної, фосфорної та калійної діючих речовин відповідно, P_Y — ціна реалізації продукції, $Z(c)$ — умовно-постійні витрати. Вартість діючої речовини P_i визначається за формулою:

$$P_i = P_{F_i} / \alpha_i \quad (5),$$

де P_{F_i} — вартість добрива, яке містить i -у діючу речовину, α_i — доля i -ої діючої речовини у добриві F_i .

У 2011 р., згідно кошторису витрат фермерського господарства "Восход А", умовно-постійні витрати склали $Z(c) = 2181$ грн./га, ціна аміачної селітри $P_{F_{ac}} = 320$ грн./ц, ціна суперфосфату $P_{F_{c, hp}} = 500$ грн./ц і ціна калію хлористого $P_{F_{kcl}} = 520$ грн./ц, ціна реалізації озимої пшениці $P_Y = 155$ грн./ц. Долі діючої речовини, згідно паспорту на мінеральні добрива, наступні: $\alpha_{ac} = 0,36$, $\alpha_{c, ph} = 0,2$ і $\alpha_{kcl} = 0,6$.

Основне завдання ефективної виробничої діяльності фермерського господарства полягає в максимізації прибутку і окупності витрат шляхом раціонального розподілу ресурсів, що витрачалися. Функції $Y(N, P, K)$ і $W(N, P, K)$ — це функції трьох змінних, які мають особливі точки. Ці точки необхідно шукати серед точок (N, P, K) , які задовольняють системі рівнянь [6]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y(N, P, K)}{\partial N} &= \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ P_N / P_Y \end{array} \right.; & \frac{\partial Y(N, P, K)}{\partial P} &= \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ P_P / P_Y \end{array} \right.; \\ \frac{\partial Y(N, P, K)}{\partial K} &= \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ P_K / P_Y \end{array} \right. & & (6). \end{aligned}$$

Система (6) складається з 6 рівнянь. Рівняння, в яких права частина дорівнює нулю, визначають значення координат точки екстремуму виробничої функції $Y(N, P, K)$. Рівняння, в яких права частина дорівнює відношенню змінного фактора до ціни продукту, визначає значення координат особливої точки функції прибутку $W(N, P, K)$.

Дози діючих речовин (д.р.), які відповідають особливим точкам трифакторної виробничої функції $Y = Y(N, P, K)$ та функції прибутку $W = W(N, P, K)$ (табл. 4), були знайдені із рішення системи рівнянь (6), які у даному конкретному випадку мають вигляд:

$$4,592N - 2,724P + 5,209K = \begin{cases} 6,681 \\ 6,681 + P_N / P_Y = 12,4158 \end{cases} \quad (7),$$

$$2,724N + 2,0794P + 10,55K = \begin{cases} 6,964 \\ 6,964 - P_P / P_Y = -9,165 \end{cases} \quad (8),$$

$$5,209N - 10,55P + 37,008K = \begin{cases} 16,679 \\ 16,679 + P_K / P_Y = 22,27 \end{cases} \quad (9).$$

Таблиця 4. Норми діючих речовин, величина врожаю та прибутку в особливих точках трифакторної виробничої функції і функції прибутку ярового ячменю "Аспект-Е" (врожай 2011 року)

Характеристики особливої точки	Виробничу функцію $Y(N, P, K)$			Функція прибутку $W(N, P, K)$		
	гіперолоїдна			гіперолоїдна		
Тип особливої точки	гіперолоїдна			гіперолоїдна		
Координати	N_Y^{hyp}	P_Y^{hyp}	K_Y^{hyp}	N_W^{hyp}	P_W^{hyp}	K_W^{hyp}
Дози д.р. (ц/га)	1,171	0,149	0,328	1,323	-3,372	-0,546
Урожай (ц/га)	7,349			-		
Прибуток/збиток (грн./га)	-485			-		

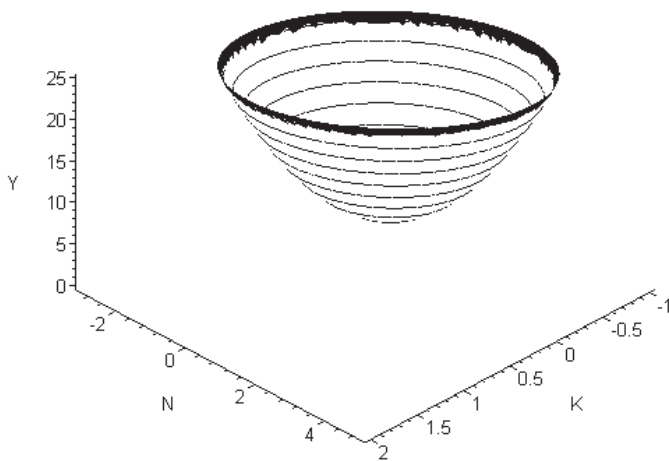
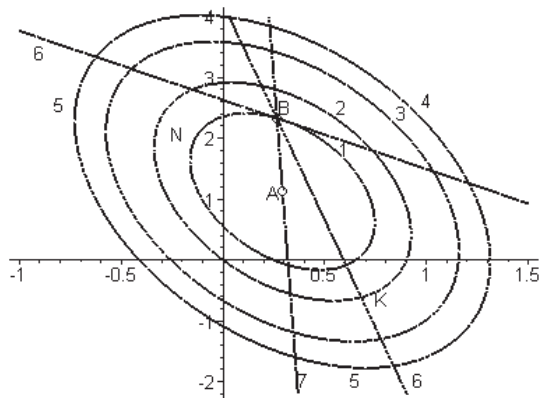


Рис. 4. Двофакторна поверхня виробничої функції ярового ячменю "Аспект-Е" $Y = Y(N, K)$

Із даних, наведених у таблиці 4, видно, що дози діючих речовин, які відповідають координатам особливої конічної точки трифакторної виробничої функції $Y = Y(N, P, K)$, мають позитивні значення, які можуть бути внесені за допомогою технічних засобів.

Дози діючих речовин, які відповідають координатам особливої конічної точки трифакторної функції прибутку $W = W(N, P, K)$, мають позитивні значення для азотних дію-



Ізокванти 1-4: 1- $Y_1 = 10,9$ ц/га, 2- $Y_2 = 13,5$ ц/га, 3- $Y_3 = 19$ ц/га, 4- $Y_4 = 23,5$ ц/га;

Ізокліналі виробничої функції 5,5(система рівнянь 7,9);

Ізокліналі функції прибутку 6,6(система рівнянь 7,9);

Пряма 7 – залежність граничної норми взаємозамінності азотних д.р. калійними д.р. визначається як відношення рівнянь (7 і 9)

Рис. 5. Ізокванти і ізокліналі виробничої функції $Y(N, K)$ та функції прибутку ярового ячменю "Аспект-Е" урожаю 2011 р. в площині NK

Таблиця 5. Норми діючих речовин, величини врожаю і прибутку в особливих точках виробничої функції $Y(N, K)$ і функції прибутку $W(N, K)$ ярового ячменю (врожай 2011 року)

Характеристики особливої точки	Виробнича функція $Y(N, K)$		Функція прибутку $W(N, K)$	
	Еліптична		Еліптична	
Тип особливої точки	Еліптична		Еліптична	
Координати	N_{Ynk}^{ell}	K_{Ynk}^{ell}	N_{Wnk}^{ell}	K_{Wnk}^{ell}
Дози д.р. (ц/га)	1,123	0,293	2,405	0,26
Урожай (ц/га)	7,288		10,88	
Прибуток/збиток (грн./га)	-49,58		-570,44	

чих речовин і негативні значення для фосфорних та калійних діючих речовин. Рішення системи рівнянь (7—9) мають економічний зміст тільки для позитивних значень змінних факторів.

У цьому випадку необхідно аналізувати двофакторну функцію прибутку $W(N, P = 0, K)$ на основі двофакторної виробничої функції $Y = Y(N, K)$ (рис. 4).

Із рис. 4 видно, що функція $Y = Y(N, K)$ має особливу точку еліптичного типу, яка відповідає мінімуму двофакторної виробничої функції $Y = Y(N, K)$ ярового ячменю "Аспект-Е" урожаю 2011 року.

Для визначення координат особливої точки функції прибутку необхідно побудувати ізокванти $Y(N, K) = Y_0$ при різних значеннях Y_0 у площині NK (рис. 5).

Аналітичне рівняння ізокліналі, які відображені на рис. 5 для виробничої функції $Y = Y(N, K)$ ярового ячменю "Аспект-Е" та функції прибутку, визначаються рівняннями (7) і (10), в яких значення доз фосфорних добрив дорівнюють нулю, тобто $P=0$.

Розв'язавши систему рівнянь (7,9) при $P=0$, визначимо дози азотних N_{Ynk}^{ell} і калійних K_{Ynk}^{ell} д.р., відповідаючи точці мінімуму виробничої функції ярового ячменю "Аспект-Е" $Y = Y(N, K)$ урожаю 2011 р. (точка А, рис. 5).

Величина мінімуму функції $Y = Y(N, K)$ і значення доз д.р. відповідаючи точці А (рис.6), а також дози діючих речовин, відповідаючи мінімуму функції прибутку N_{Wnk}^{hyp} , K_{Wnk}^{hyp} (точка В, рис. 6), наведені в таблиці 5.

У зв'язку з тим, що значення величин урожаю, відповідні особливим точкам А і В (рис.5), менші, ніж величина врожаю без внесення добрив, то, як альтернативу проведеним економічним аналізам на основі три- і двофакторних виробничих функцій, виконаємо економічний аналіз на основі однофакторних виробничих функцій (рис. 6).

Аналітичні вирази для однофакторних виробничих функцій ярового ячменю "Аспект-Е" мають вигляд:

$$Y(N,0,0)_{2011} = Y(N) = 13.48 - 6.681N + 2.296N^2 \quad (10),$$

$$Y(P,0,0)_{2011} = Y(P) = 13.48 + 6.964P - 1.0397P^2 \quad (11),$$

$$Y(K,0,0)_{2011} = Y(K) = 13.48 - 16.679K + 18.504K^2 \quad (12).$$

Вирази (10—12), отримані з виразу (2), в якому доданки, враховуючи взаємодію NP, NK і PK дорівнюють нулю.

З даних, наведених на рис. 6, видно, що лише із застосуванням калійних діючих речовин, починаючи з визначених значень (більше 1,2 ц/га), можна значно збільшити врожайність ячменю. Так, наприклад, якщо внести 1,5 ц/га калійних діючих речовин, то врожайність збільшується до 28ц/га (рис. 6), прибуток до 3650 грн./га (рис. 7) і окупність витрат на технологію внесення мінеральних добрив до 1,4, тобто рентабельність — до 40% (рис. 8).

Функції прибутку і окупність витрат визначалися з формул (3—4), в яких використовувалися вирази (10—12).

Таким чином, з проведених досліджень виходить, що лише економічний аналіз на основі виробничих функцій дає підстави товаровиробнику вибрати оптимальний варіант використання технології внесення добрив.

ВИСНОВКИ

Досвід впровадження аналога системи "cropping system" на фермерському полі господарства "Восход А" в технологічному процесі вирощування зерна ячменю сорту "Аспект-Е" дозволяє зробити наступні висновки.

По-перше, існуючі в довідниках рекомендації щодо внесення добрив у композиції NPK під програмований урожай зерна ячменю [6,7] для конкретного сільськогосподарського підприємства, виявилися економічно збитковими.

По-друге, вживання аналога системи "cropping system" на конкретному фермерському полі дозволив визначити тип особливої точки трифакторної функції ячменю сорту "Аспект-Е", яка виявилася гіперболічною. В околиці особливої точки гіперболічного типу спостерігається топологічний перехід від сімейства двопорожнинних гіперболоїдів до сімейства однопорожнинних гіперболоїдів. Як наслідок такої топологічної перебудови ізоквантової поверхні трифакторної виробничої функції, для товаровиробника економічно виправдано дві альтернативи: не використовувати добрива або використовувати лише калійні добрива з дозами діючої речовини більше 1,5ц/га.

Література:

1. Макаров В.І., Гуков Я.С., Болотова Т.М., Ганн В.В. Нова методологія агроекономічної оцінки ефективності способів обробітку ґрунту // Вісник аграрної науки. — 2011 — № 5. — С. 61—65.

2. Макаров В.І., Болотова Т.Н. Геометрия и физиология питания растений. Международная конференция по геометрии, Одесса, 25—28 мая 2010 г.

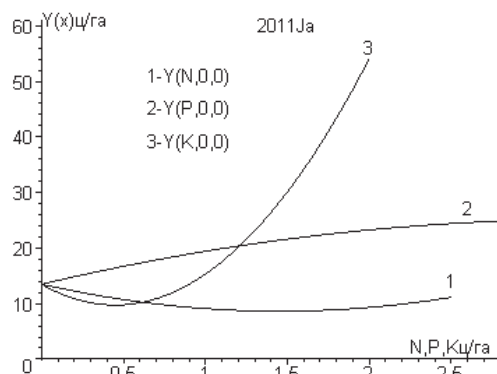
3. Макаров В.І., Гуков Я.С., Болотова Т.М., Ганн В.В., Лисовий М.П. Економічні основи визначення оптимальних норм добрив для живлення рослин у технологіях точного рослинництва // Вісник аграрної науки. — 2011. — № 4. — С. 66—70.

4. Болотова Т.Н., Гуков Я.С., Лушникова Е.Н., Макаров В.І., Пйонтик Л.Д., Ульяновченко А.В. Методология агроэкономической оценки эффективности разных способов обработки почвы на основе производственных функций // XII Международная научно-техническая конференция "Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем". Сборник докладов (10—12 сентября 2012 г., Углич), ч. 2, С. 741—751.

5. Болотова Т.Н., Лушникова Е.Н., Макаров В.І. Адаптация агроэкономической системы "cropping system" в фермерском хозяйстве // Информационные технологии, системы и приборы в АПК (АГРОИНФО-2012). Мат. 5-ой между. научн.-практ. конф., РАСХН, Сиб. отд.-ние. СибФТИ. — Новосибирск, 2012. — Ч. 1. — С. 462—466.

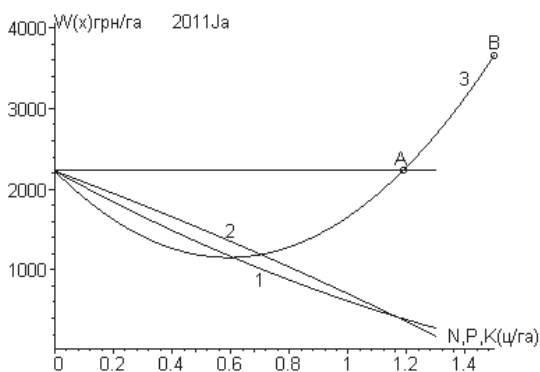
6. Хеди Д., Диллон. Производственные функции в сельском хозяйстве. — М.: Прогресс, 1965. — 608 с.

7. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур /ред. П.О. Дмитренко, Б.С. Носк. — К.: Урожай, 1987. — 422 с.



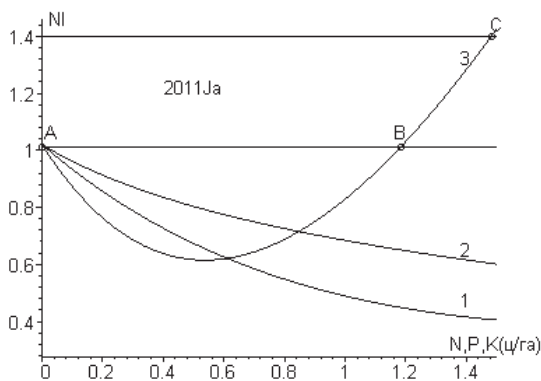
Криві 1, 2 і 3 – залежності виробничої функції ярового ячменю «Аспект-Е» $Y = Y(N)$ від кількості азотних д.р., $Y = Y(P)$ від кількості фосфорних д.р., $Y = Y(K)$ від кількості калійних д.р.

Рис. 6. Залежність однофакторних виробничих функцій ярового ячменю "Аспект-Е" від кількості азотних, фосфорних і калійних д.р.



Криві 1,2 і 3 – залежності прибутку ярового ячменю «Аспект Е» від кількості д.р.: $W=W(N)$ від кількості азотної д.р., $W=W(P)$ від кількості фосфорної д.р., $W=W(K)$ від кількості калійної д.р.

Рис. 7. Залежності функції прибутку $W=W(N)$, $W=W(P)$ і $W=W(K)$ ярового ячменю "Аспект-Е" від кількості азотних, фосфорних і калійних д.р.



Криві 1, 2 і 3 – залежності окупності ярового ячменю «Аспект - Е» від кількості д.р.: $NI(N)$ від кількості азотної д.р., $NI(P)$ від кількості фосфорної д.р., $NI(K)$ від кількості калійної д.р.

Рис. 8. Залежності функції окупності $NI(N)$, $NI(P)$ і $NI(K)$ ярового ячменю "Аспект -Е" урожаю 2011 р. від кількості азотної, фосфорної і калійної д.р.

8. Справочник по определению норм удобрений под планируемый урожай / Ф.Е. Мосиук, А.П. Лисовал, Н.Е. Власенко, А.Я. Гетманец; сост. Ф.Е. Мосиук. — К.: Урожай, 1989. — 512 с.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2013 р.