

ПОБУДОВА ТА АПРОБАЦІЯ МОДЕЛІ ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

У ході вивчення впливу ґрунтових та кліматичних факторів на урожай сільськогосподарських культур були встановлені деякі критерії. У результаті взаємозв'язки між екологічними параметрами й урожаем сільськогосподарських культур були установлені. Все це стало основою для розробки математичної моделі еколого-біологічного районування сільськогосподарських культур.

Ключові слова: урожай культур, кліматичні умови, районування територій, моделювання.

В ходе изучения влияния почвенных и климатических факторов на урожай сельскохозяйственных культур были установлены некоторые критерии. В результате взаимосвязи между экологическими параметрами и урожаем сельскохозяйственных культур были установлены. Все это стало основой для разработки математической модели.

Ключевые слова: урожай культур, климатические условия, районирование территорий, моделирование.

While studying the impact of soil and weather factors on the crop yield, we have defined some criteria. As result the relations between ecological parameters crops yield have been established. All this was the basis for the construction of a mathematical model.

Key words: crop yield, climatic conditions, zoning areas, modeling.

Постановка проблеми. В основу досліджень щодо визначення залежності врожаю кукурудзи й озимої пшениці від умов вирощування покладено узагальнююче еколого-біологічне положення про те, що абіотичні фактори і особливо похідні від них комбінації екологічних ресурсів надто варіабельні у просторі і часі [1]. У зв'язку з цим немає чітких меж між зонами і підзонами [2]. Кожна з них несе риси як сусідніх зон, так і особливі, що є однією з вирішальних умов диференційованого використання природних ресурсів та раціонального районування сільськогосподарських культур, їх видів, сортів і гібридів.

Методика досліджень. Для розробки математичних підходів до еколого-біологічного районування територій було проведено аналіз ґрунтового покриву та надано порівняльну характеристику потенціалу територій з використанням таких стабільних показників, як потужність гумусованого профілю, запаси гумусу, гранулометричний склад, продуктивні запаси вологи, загальна глибина промочування. Проаналізовано кліматичні (в основному гідротермічні) ресурси за тридцять років. Виявлено їх розподіл на території області, за періодами вегетації, реакцією агроєкосистем, ступінь їх

екологічної відповідності окремим територіям. Виявлено екологічно однорідні території і ступінь прояву на них лімітуючих факторів. Встановлено екологічні параметри, за яких були одержані високі врожаї сільськогосподарських культур. Урожайні дані на сортодільницях та у виробничих умовах були проаналізовані. Потім вони були співставлені з агроєкологічними ресурсами. Все це і стало основою для побудови математичної моделі у вигляді поліному другого ступеня.

Результати досліджень. При дослідженні впливу ґрунтових, кліматичних та погодних факторів на врожайність було визначено критерії, які дають підставу для виділення екологічно одноманітних територій та диференційованого їх використання окремими культурами. Цими критеріями для кукурудзи і зернових колосових були:

1. Опади:
 - а) загальна кількість (мм);
 - б) за вегетаційний період (мм);
 - в) розподіл за етапами органогенезу:
 - для кукурудзи – опади за X + XI + (50 % XII–II) + II + IV; травень-червень, липень-вересень;
 - для озимої пшениці: сума за серпень-жовтень, березень-квітень, травень-червень (мм).

2. Температура повітря і теплозабезпеченість протягом періодів за квітень-червень, липень-вересень.

3. Сума негативних температур за листопад-лютий.

4. Родючість чотирьох генетичних груп чорноземів за бонітетом.

Встановлено, що для одержання максимального врожаю кукурудзи необхідні наступні умови (табл. 1, 2). Високі врожаї кукурудзи досягаються, коли в червні випадає додатково до типової зональної норми (середня багаторічна) – 17 мм (або 26 %), у липні – 11 мм (21 %), у серпні – 19 мм (42 %).

Таблиця 1

Рівень опадів та температури для одержання максимального врожаю кукурудзи

Фактори	V	VI	VII	VIII	IX	Всього
Опади, мм	57	78	67	57	39	Сума опадів: 298
Температура, С ⁰	15,8	18,8	20,8	20,1	13,5	Теплозабезпеченість: за V-VI = 1054 за VII-IX = 1672

Таблиця 2

Рівень опадів та температури для одержання максимального врожаю пшениці

Фактори	VIII	IX	X	III	IV	V	VI
Опади, мм	35	40	56	38	43	43	75
Сума температур, С ⁰	444	220	45	50	321	486	570
Сума негативних температур, С ⁰	321-400						

Нестача вологи в липні-вересні згубно відображається на формуванні врожаю, тому що в цей період відбуваються біохімічні процеси, пов'язані з наливом зерна. Критичні періоди розвитку озимої пшениці: сівба – сході – кушніня – кількість опадів – 120 мм, теплозабезпеченість – 715⁰, вихід з зимівлі – опадів – 91 мм, вихід в трубку – колосіння – повна стиглість – кількість опадів – 105 мм, теплозабезпеченість – 1057⁰. Для визначення кількісної залежності врожаю від агрокліматичних умов застосовано метод математичного моделювання, який передбачає встановлення функціональних залежностей між природно-кліматичними факторами і врожайністю сільськогосподарських культур. Математичну залежність шукали в оболонці Microsoft Excel за допомогою пакету «Аналіз даних». У якості інструменту аналізу використовували «Регресію». При цьому задавали вхідні та вихідні інтервали при рівні надійності 95 %. Залежні величини вводили в натуральних та безрозмірних значеннях. Для визначення адекватності моделі скористалися F-критерієм Фішера (розрахунковим та табличним). Значущість параметрів регресії оцінювали за розрахунковою та табличною t-статистикою. Для побудови моделі використовували статистичні дані врожайності кукурудзи й озимої пшениці за 28 років на п'яти сортодільниках, а також кліматичні показники в критичні періоди розвитку рослин.

Кількість факторів для кукурудзи було скорочено до п'яти:

1. Кількість опадів у осінньо-весняний період.
2. Кількість опадів за травень-червень.
3. Кількість опадів за липень-вересень.
4. Сума температур за травень-червень.
5. Сума температур за липень-вересень.

Одержано математичну модель у вигляді поліному другого ступеня, який має такий вигляд:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 + a_6 \cdot x_1^2 + a_7 \cdot x_2^2 + a_8 \cdot x_3^2 + a_9 \cdot x_4^2 + a_{10} \cdot x_5^2,$$

де Y – врожайність, ц/га;

a_i – коефіцієнти регресії;

x_i – фактори.

Для конкретної моделі коефіцієнти регресії мають значення

$$Y = 55,2 + (-6,2)x_1 + 13,0 \cdot x_2 + (-7,66) \cdot x_3 + 5,5 \cdot x_4 + (-0,8) \cdot x_5 + 11,8 \cdot x_1^2 + 9,1 \cdot x_2^2 + (-17,6) \cdot x_3^2 + 10,7 \cdot x_4^2 + (-3,4) \cdot x_5^2,$$

Абсолютні значення факторів (x₁ – ...x₅) при користуванні поліномом необхідно переводити в безрозмірні величини за допомогою виразу:

$$X = \frac{x_i - \left(\frac{x_i \max + x_i \min}{2} \right)}{\frac{x_i \max - x_i \min}{2}},$$

де x_i max, x_i min – максимальне і мінімальне значення даного фактору серед ряду його значень.

Наприклад: У місцевості біля метеостанції Губініха (північ області) при відповідних значеннях критеріїв урожай кукурудзи може становити:

$$Y = 55,2 + (-6,2) \cdot 0,24 + 13,0 \cdot (-0,66) + (-7,66) \cdot (-0,13) + 5,5 \cdot 0,17 + (-0,8) \cdot (-0,09) + 11,8 \cdot 0,24^2 + 9,1 \cdot (0,66)^2 + (-17,6) \cdot 0,13^2 + 10,7 \cdot 0,17^2 + (-3,4) \cdot (-0,09)^2 = 51,84 \text{ ц/га}$$

Фактичний урожай становив 59,8 ц/га. Абсолютна помилка дорівнює 8 ц/га. В центральній частині області відносна помилка складає 16 %, у південній – 20 % при коефіцієнті кореляції 0,72.

Для озимої пшениці при побудові математичної моделі були використані такі фактори:

1. Кількість опадів за осінній період серпень-жовтень.
2. Кількість опадів за весняний період березень-квітень.
3. Кількість опадів за травень-червень.
4. Сума температур за травень-червень.
5. Сума негативних температур за листопад-лютий.

Одержаний математичний вираз має вигляд, подібний до виразу-розрахунку максимального врожаю кукурудзи.

Для конкретної моделі коефіцієнти регресії мають такі значення:

$$Y = 49,5 + 6,42 \cdot x_1 + 3,66 \cdot x_2 + 1,48 \cdot x_3 + (-3,39) \cdot x_4 + (-9,03) \cdot x_5 + 9,27 \cdot x_1^2 + 0,69 \cdot x_2^2 + (-2,51) \cdot x_3^2 + 1,54 \cdot x_4^2 + (-7,3) \cdot x_5^2,$$

Наприклад: У місцевості біля метеостанції Губініха за відповідних значень критеріїв урожайність озимої пшениці може становити:

$$Y = 49,5 + 6,42 \cdot 0,019 + 3,66 \cdot (-0,332) +$$

$$1,48 \cdot (-0,195) + (-3,39) \cdot 0,053 + (-9,03) \cdot 0,071 + 9,27 \cdot (0,019)^2 + 0,69 \cdot (-0,332)^2 + (-2,51) \cdot (-0,195)^2 + 1,54 \cdot (0,053)^2 + (-7,3) \cdot 0,071^2 = 47,2 \text{ ц/га},$$

Фактичний урожай становив 48,8 ц/га. Абсолютна помилка – +1,6 ц/га, відносна –3,3 %. Коефіцієнт кореляції – 0,82. Як розрахунковий, так і фактичний урожай кукурудзи в цій зоні вищий, ніж озимої пшениці. Це підтверджує наш висновок про віднесення північної території області до кукурудзяної зони. В центральній зоні розрахунковий і фактичний урожай озимої пшениці вищий, ніж кукурудзи. Зону віднесено до пшеничної, тобто з рекомендацією підвищення долі озимої пшениці у сівозмінах. Віднесення південної зони до пшенично-кукурудзяної також підтверджується математичними розрахунками.

Висновок. Маючи формулу залежності врожаю розглянутих культур від природно-кліматичних умов, можна зробити розрахунки можливо очікуваного врожаю і скорегувати співвідношення площ під вирощування кукурудзи та озимої пшениці на даній сільськогосподарській території.

ЛІТЕРАТУРА

1. Масюк Н. Т. Агроэкосистема: расширение и углубление содержания термина / Н. Т. Масюк // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – № 1–2, 1998. – С. 5–14.
2. Масюк Н. Т. Введение в сельскохозяйственную экологию / Н. Т. Масюк. – Днепропетровск, 1989. – 180 с.

Рецензенти: Черенков А. В., д.с.-г.н, професор;
Якунін О. П., д.с.-г.н, професор.

© Мицик О. О., Пашова В. Т.,
Харитонов М. М., 2011

Стаття надійшла до редколегії 10.03.2011 р.