

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЯ

УДК 631:551.58+633+631.111.1

Б.В.Скорупський

ЗАСТОСУВАННЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ УРОЖАЙНОСТІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ

Запропоновано комплексний показник, аналогічний господарському максимуму урожайності, що показує осереднений вплив несприятливих умов на урожайність польових культур різних областей у зів'язаних одиницях. Встановлено зв'язок просторового розподілу середньобогаторічних показників урожайності в областях України з просторовим розподілом зональних показників клімату.

Агрокліматичне обґрунтування оптимальної структури посівних площ у польових сівозмінах відповідно до кліматичних умов у зонах та регіонах України є важливою проблемою, що має прикладне значення. Різні варіанти задачі оптимізації розміщення посівних площ сільськогосподарських (переважно зернобобових) культур розглядалися в роботах І.Г.Грушки, В.П.Дмитренка, Є.К.Зоїдзе, В.Г.Сиротенко та ін. [8]. Агрокліматична оптимізація розміщення переважної більшості польових культур досліджувалася в роботах автора [10, 11] на основі фізико-статистичної моделі урожайності В.П.Дмитренка [4]. Наявність у польових сівозмінах, крім зернобобових культур, також коренеплодів (картоплі, цукрового буряка) і соняшника ставить питання про вираження урожайності культур з неоднаковим хімічним складом у зів'язаних одиницях. У роботі [11] урожайність переведено в зернові одиниці. Але в умовах ринкової економіки важливе повне використання різноманіття споживних властивостей сільськогосподарської продукції різних польових культур. Тому виникає проблема врахування при оптимізації розміщення площ польових культур не тільки кількості, а й якості урожаю (в т.ч. його хімічного складу). Залежність останнього від агрометеорологічних умов (температури і опадів, сонячної радіації) і

добрий теоретично описується багатовимірними імітаційними моделями [13], які поки що занадто складні для використання в математичних задачах оптимізації розміщення посівних площ культур.

Встановлено [7], що якість (хімічний склад) урожаю залежить від співвідношення погодних або кліматичних показників тепла (температури T) і вологи (опадів R). Так, суха жарка погода або клімат сприяють більшому накопиченню білку в зерні пшениці, ніж волога прохолодна погода (або зональний клімат). Максимальна урожайність досягається при теплих і вологих умовах погоди або клімату. Отже, умови, при яких досягається максимальна загальна урожайність, суттєво відрізняються від тих, при яких є максимальною продукція найбільш цінної хімічної компоненти урожаю тієї ж культури.

У фізико-статистичній моделі урожайності показник географічного максимуму урожайності рослин ($Y_{\max}$) не залежить явно від показників погоди або клімату T і R . Тому його не можна в даному вигляді використовувати для встановлення залежності хімічного складу продукції (в тому числі, вмісту білку в зерні) від показників зонального клімату (T і R). В даній роботі досліджується, чи можна встановити таку залежність між вказаними показниками. Розглядаються також деякі інші зв'язки і модифікації показників фізико-статистичної моделі урожайності, які деяким непрямим чином можуть полегшити, в подальшому, врахування якості урожаю за допомогою даної моделі.

Модель урожайності [4] має вигляд:

$$y = Y_{\max} \cdot S(T, R) \cdot (1 - u) \cdot (1 - \gamma) , \quad (1)$$

де y - урожайність, $Y_{\max}$ - господарський максимум урожайності культури, $S(T, R)$ - сумарний коефіцієнт продуктивності культури за температурою (T) та опадами (R), γ - показник впливу локальних несприятливих умов, u - зрідженість посівів.

Раніше [9] було встановлено наявність значущих коефіцієнтів кореляції між фактичною урожайністю для більшості польових культур значної частини областей України і добутком величини $Y_{\max} \cdot S(T, R)$. Тому було вирішено знайти показник, що давав би рівень урожайності (Y), близький до середнього багаторічного при домноженні його лише на величину $S(T, R)$. У базовій моделі УкрНДГМІ по різному враховувалися довготривалі (через $S(T, R)$) та короткочасні (через $1 - \gamma$) зміни погоди.

Останнє означає короткочасні несприятливі умови, що своїм впливом викликають локальні недобори урожаю ($\delta_{\text{л}}$, %). Вони включають дію всіх можливих видів несприятливих для даної культури умов. Загальні відносні недобори (δ_3), за В.П.Дмитренко [1] - суми локальних ($\delta_{\text{л}}$) і метеорологічних ($\delta_{\text{м}}$) недоборів (середні за багато років) по всіх областях досить близькі за своїми значеннями і більші за 50% від господарського максимуму урожайності кожної культури [1] (табл. 1).

Таблиця 1

Середні відносні локальні недобори урожайності в Україні
за 1945-1989 рр. (%)

Зони	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Овес	Картопля
Полісся	36-40	32-43	37-43	13-28	14-25
Західний Лісостеп	34-43	33-45	30-43	0-21	2-18
Центральний Лісостеп	40-42	35-36	31-37	10-19	0-14
Східний Лісостеп	37-42	36-38	33	15-24	7-22
Північний Степ	32-40	27-39	25-44	20-35	6-21
Південний Степ	37-38	29-33	30-41	19-29	0-2

Таким чином, за [1]:

$$\delta_3 = 1 - \frac{Y}{Y_{\text{max}}} = \delta_{\text{м}} + \delta_{\text{л}}, \quad (2)$$

де $\bar{\delta}_3 \approx \text{const}$ і $\bar{\delta}_3 > 50\%$ для однієї культури по всіх областях.

$$\delta_{\text{м}} = 1 - S(T, R), \quad (3)$$

$$\delta_{\text{л}} = \delta_3 - \delta_{\text{м}} \approx \text{const} - 1 + S(T, R). \quad (4)$$

Отже, середні за багато років локальні недобори також залежать від показників клімату зони (T і R), як і метеорологічні недобори. Далі маємо:

$$\delta_{\text{л}} = S(T, R) - \frac{\bar{Y}}{Y_{\text{max}}}, \quad (5)$$

$$\text{тоді} \quad \bar{Y} = Y_{\max} (S(T, R) - \delta_{\Lambda}) = Y_{\max} \cdot S(T, R) \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\Lambda}}{S(T, R)}\right). \quad (6)$$

У зів'язанні зернові одиниці переводяться показники продуктивності Y та $Y_{\max}$, а не $S(T, R)$. Тому в $Y_{\max}$ можна включати й інші зів'язанні показники, в тому числі локальні недобори.

Тоді можна ввести новий показник:

$$Y_z = Y_{\max} \left(1 - \frac{\delta_{\Lambda}}{\bar{S}(T, R)}\right), \quad (7)$$

де $\bar{S}(T, R)$ і $\bar{\delta}_{\Lambda}$ - середні за багато років значення цих показників для даної області і культури.

Цей показник менший за господарський максимум урожайності, але може мати аналогічне застосування. Його значення, можливо, відповідає не межі ймовірності 99,9%, встановленій для господарського максимуму урожайності у роботі [4], де $Y_{\max} \approx \bar{Y} + 3 \cdot \sigma$, а має рівень ймовірності 85%, тобто дорівнює значенню $\bar{Y} + \sigma$. Різниця цих двох показників може вказувати на те, що максимальний рівень продуктивності найбільш цінної хімічної складової урожаю культури досягається при урожайності, меншій від її господарського максимуму.

Господарський максимум урожайності ($Y_{\max}$) є інтегрованим показником потенціалу продуктивності даної культури на деякій території за певний період часу, відображаючи вплив біологічних властивостей рослин, ґрунту, агротехніки та клімату [3]. У роботі [2] досліджується залежність показника $Y_{\max}$ кукурудзи від такого показника клімату місцевості вирощування, як гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Г.Т.Селянінова:

$$\text{ГТК} = \frac{10R}{\sum T}, \quad (8)$$

де $\sum T$ - сума температур за період року з добовою температурою вище 10°C, R - сума опадів за той же період.

У даній роботі були досліджені методом рангових коефіцієнтів кореляції Спірмена ступені відповідності ранжованих рядів середньообласних середньобагаторічних значень урожайності $Y_{\text{ср}}$ та значень господарського максимуму урожайності ($Y_{\max}$) для 24 областей щодо польових культур з ранжованими рядами середньообласних середньобагаторічних значень R , $\sum T$ та ГТК. Значущий коефіцієнт кореляції з рівнем надійності понад 95% при $N=25$ дорівнює або більше ніж 0,4. Значущі коефіцієнти кореляції (позитивні або негативні)

показників урожайності $Y_{\max}$ і $Y_{\text{ср}}$ з показниками клімату ΣT та R одержано для вівса, картоплі та ярового ячменю, а також для озимого жита (за винятком незначущого за величиною коефіцієнта кореляції його $Y_{\max}$ з R). Для озимої пшениці та кукурудзи значущими є лише зведені коефіцієнти кореляції $Y_{\text{ср}}$ з R і ΣT разом (табл. 2). Коефіцієнти кореляції показників продуктивності з ГТК мають майже ті ж величини, що і з R .

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів кореляції показників урожайності культур з показниками клімату в областях України

Культура	Рангова кореляція					
	$Y_{\max}$			$Y_{\text{ср}}$		
	з ΣT	з R	з ΣT і R	з ΣT	з R	з ΣT і R
Озима пшениця	0	-0,10	0	0,33	-0,27	0,40
Озиме жито	0,50	-0,30	0,53	0,65	-0,60	0,63
Яровий ячмінь	-0,58	0,58	0,60	-0,64	0,70	0,92
Кукурудза	0,07	0,25	0,09	-0,34	0,31	0,40
Овес	0,72	-0,72	0,76	0,60	-0,45	0,60
Картопля	-0,85	0,73	0,84	-0,79	0,77	0,81

Введення оптимальних показників T_o і R_o за місяць і декаду дозволяє зіставляти між собою вплив температури (T) і опадів (R) на продуктивність різних культур за однакові проміжки часу, менші року [5]. Внаслідок можливості порівняння середньомісячних параметрів моделей урожайності УкрНДГМІ, тобто T_o , R_o , α для $S(T, R)$ знайшли пояснення емпіричним значенням коефіцієнтів кореляції, одержаним у [6], де використані значення цих параметрів фаз розвитку, незіставних для різних культур. Тісна кореляція рядів значень $S(T, R)$ для ярових культур (між різними яровими культурами в одній області або для однієї культури між різними областями) пояснюється великими ваговими коефіцієнтами всіх цих культур для 2-3 літніх місяців, що вносять найбільший внесок у сумарний за сезон вегетації коефіцієнт $S(T, R)$ (чого немає для озимих культур) (табл.3). Від ступеня кореляції рядів сумарних коефіцієнтів продуктивності $S(T, R)$ за температурою (T) і опадами (R) для різних

культур чи у різних областях залежав вибір з двох можливих варіантів оптимізації:

- 1) максимізації сумарної продукції основних польових культур в одній області;
- 2) максимізації сумарної продукції однієї культури в усіх областях України [12].

Таблиця 3

Вагові коефіцієнти періоду вегетації моделей урожайності
за III-IX місяці (за [5])

Культура	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Озима пшениця	13	10	13	9	7	-	-
Озиме жито*	12	10	10	7	7	-	-
Яровий ячмінь	9	21	27	22	12	-	-
Кукурудза	10	11	16	18	19	12	7
Овес	7	7	11	19	37	-	-
Просо *	-	12	12	29	20	11	-
Гречка *	-	-	14	17	23	24	-
Картопля*	-	-	13	25	28	21	13
Цукровий буряк	7	7	8	12	20	21	25
Соняшник	5	5	8	11	19	37	-

* Значення показника для цих культур люб'язно надані автору Л.В.Щербак та В.В.Бібік.

Висновки

Для географічних максимумів урожайності багатьох польових культур в областях України існують значущі статистичні зв'язки їх просторових розподілів з просторовими розподілами показників тепла і вологи клімату на території України.

Осереднені в часі величини локальних недоборів урожайності польових культур можна включити до складу показника географічного максимуму їх урожайності у відповідних областях (змінивши для цього лише статистичні рівні при визначенні останнього за фізико-

статистичною моделлю урожайності).

Не змінюючи основ концепції фізико-статистичної моделі урожайності, можна так згрупувати її показники, що вони стають більш зручними для зіставлення відносно функцій впливу на них показників тепла і вологості клімату та погоди.

Перспективи розвитку даної роботи полягають у дослідженні можливостей більш прямого врахування якості урожаю у фізико-статистичній моделі урожайності та при оптимізації розміщення польових культур в Україні.

* *

Предложен комплексный показатель, аналогичный хозяйственному максимуму урожайности, отражающий усредненное влияние неблагоприятных условий на урожайность полевых культур разных областей в сопоставимых единицах. Установлена связь пространственного распределения среднемноголетних показателей урожайности с пространственным распределением зональных показателей климата в областях Украины.

* *

1. *Гойса Н.И., Дмитренко В.П. Рекомендации и показатели по оценке агроклиматических условий и неблагоприятных явлений в областях УССР. - М.: Гидрометиздат, 1991. - 28 с.*

2. *Гойса Н.И., Лымарь А.О. Об учете агроклиматических ресурсов при оценке агроэкологического потенциала пахотных земель // Тр. УкрНИГМИ. - 1992. - Вып. 244.- С. 18-28.*

3. *Дмитренко В.П. Географический максимум урожайности сельскохозяйственных культур // Тр. УкрНИГМИ. - 1974. - Вып.131. - С. 3-10.*

4. *Дмитренко В.П. Оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование урожая основных зерновых культур. - Л.: Гидрометеиздат. - 1976. - 48 с.*

5. *Дмитренко В.П. Об основах агрометеорологической оценки искусственного увеличения осадков // Тр. УкрНИГМИ. - 1988. - Вып. 226. - С. 94-11.*

6. *Дмитренко В.П., Скорупский Б.В. Об агроклиматической оценке условий произрастания сельскохозяйственных культур на*

территории Украины // Тр. УкрНИГМИ. - 1990. - Вып. 238. - С. 3-17.

7. *Плешков Б.П.* Биохимия сельскохозяйственных растений. - М.: Колос, 1975. - 496 с.

8. *Сиротенко В.Г.* Использование метода биоклиматической взаимокompенсации для повышения устойчивости урожаев зерновых культур//Проблемы агроклиматического обеспечения Продовольственной программы СССР. -Л.: Гидрометеиздат, 1987. С. 26-33.

9. *Скорупский Б. В.* Изучение согласованности агроклиматических показателей со среднеобластной урожайностью полевых культур на Украине // Тр. УкрНИГМИ. - 1992. - Вып. 244. - С. 28-47.

10. *Скорупський Б.В.* Агрокліматична оптимізація розміщення польових культур в Україні // Вісник Київського університету. Сер. Географія. - 1999. - Вип. 45. - С. 78-80.

11. *Скорупський Б.В.* Агрокліматичне обґрунтування і метод оптимізації розміщення польових культур в Україні: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - К., 2001. - 19 с.

12. Справочник по планированию в агропромышленном комплексе. / Под ред. *Гревцова В. Д.* - К.: Урожай, 1991. - 74 с.

13. *Строганова М.А.* Математическое моделирование формирования качества урожая. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 150 с.