

АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ

На основі базової математичної моделі „погода-урожай” УкрНДГМІ досліджено вплив режиму зволоження ґрунтів на формування урожайності озимої пшениці та ярого ячменю в Україні. Визначено повторюваність умов ґрунтового зволоження різної сприятливості в основні періоди розвитку зернових культур та проаналізовано особливості їх просторового розподілу.

Ключові слова: *умови вологозабезпечення, період вегетаційного циклу, зернові культури, вологопотреба рослин, урожайність, коефіцієнт продуктивності, запаси продуктивної вологи у ґрунті.*

Вступ. Умови вологозабезпечення мають виключно важливе значення для росту, розвитку і формування урожаю сільськогосподарських культур. З усіх необхідних рослинам факторів життя (світло, тепло, волога, поживні речовини) найбільше у кількісному відношенні за вегетаційний період вони споживають води. Вода відіграє вирішальну роль у процесах фотосинтезу і дихання, поділу і росту клітин, є джерелом хімічних елементів, що входять до складу синтезованих рослиною органічних речовин і середовищем у якому відбуваються всі біохімічні реакції. Вода у рослинах регулює тепловий обмін, підтримує тургор у клітинах і тканинах, забезпечує засвоєння поживних речовин з ґрунту. Максимальна продукція рослин у вигляді зерна, коренеплодів, зеленої маси утворюється в умовах їх оптимального вологозабезпечення [5, 6].

Основним джерелом вологозабезпечення сільськогосподарських культур і найбільш релевантним чинником їх урожайності є запаси продуктивної вологи у ґрунті. Вони інтегрально відображають наявні ресурси вологи, які використовуються рослинами для забезпечення процесів життєдіяльності і синтезу органічної речовини.

Закономірності формування і динаміки запасів продуктивної вологи у ґрунті залежать від багатьох чинників, основними з яких є: метеорологічні умови, агрогідрологічні властивості ґрунтів, рівень ґрунтових вод, інтенсивність водоспоживання сільськогосподарських культур у різні фази їх розвитку, агротехніка та ін. [6]. У багаторічному циклі вологообміну між підстильною поверхнею і атмосферою динаміка вологозапасів ґрунту впродовж вегетації має чітко виражену періодичність, яка співпадає з ходом основних кліматичних характеристик – температури повітря і опадів.

У сучасних умовах, у зв'язку із змінами і коливаннями властивостей кліматичної системи важливе наукове і практичне значення мають дослідження, спрямовані на визначення особливостей забезпечення вегетаційного періоду сільськогосподарських культур ресурсами вологи з метою опрацювання агрокліматичних основ стійкого розвитку галузей рослинництва в Україні.

Матеріали і методика дослідження. Метою даної роботи є агрокліматична оцінка сприятливості режиму зволоження ґрунтів України для росту, розвитку і формування урожайності озимої пшениці та ярого ячменю.

Для кількісної оцінки вологозабезпечення зернових культур впродовж їх вегетації використовується блок базової математичної моделі „погода-урожай” УкрНДГМІ (В.П.Дмитренко) [1, 2, 3].

Аналітично вплив вологозапасів ґрунту на формування урожайності сільськогосподарських культур описується рівнянням виду

$$\eta(W) = \frac{y(W)}{Y(W_o)} = \left(1 + \frac{W - W_o}{W_o}\right)^q \left(1 - \frac{W - W_o}{W_n - W_o}\right)^v, \quad (1)$$

де $\eta(W)$ – коефіцієнт продуктивності польової культури за запасами продуктивної вологи у ґрунті; $y(W)$ – урожайність за фактичних запасів продуктивної вологи, W , мм; $Y(W_o)$ – максимальна урожайність за оптимального вмісту продуктивної вологи у ґрунті, W_o , мм; W_n – повна вологоємність ґрунту.

Параметри рівняння, згідно з роботою [1], визначаються за співвідношеннями

$$q = \frac{W_o}{W_n}, \quad (2)$$

$$v = 1 - q = 1 - \frac{W_o}{W_n}; \quad (3)$$

$$a_o = 1 - \frac{y_n}{C}, \quad (4)$$

$$b = \sqrt[q]{W_o \left(\frac{1}{a_o} - 1 \right)}, \quad (5)$$

$$C = \left(1 + \frac{W_o}{W_n - W_o} \right)^v, \quad (6)$$

$y_n = \eta(0)$ – встановлюється за емпіричним графіком [3].

У нашій роботі визначення розглянутих параметрів здійснено із врахуванням просторової мінливості повної польової вологоємності (W_n), що дозволило адаптувати модель для оцінки продуктивності культур за впливом режиму зволоження різних типів ґрунтів України.

Кількісним критерієм оцінки сприятливості зволоження ґрунту для формування урожайності культур є коефіцієнт продуктивності $\eta(W)$, що відображає відношення урожайності за фактичних запасів продуктивної вологи у ґрунті до максимально можливої її величини за оптимальних вологозапасів у кожний період вегетаційного циклу [1]. Значення коефіцієнту продуктивності змінюються від 0 до 1,0. Якщо вологість ґрунту дорівнює вологості в'янення (нестача вологи) чи повній вологоємності (перезволоження), то $\eta(W)$ наближається до нуля. Якщо ж фактичні вологозапаси близькі до оптимальних, то $\eta(W) = 1$ [3].

Для якісної характеристики впливу умов зволоження ґрунту на процеси формування урожайності сільськогосподарських культур інтервал мінливості кількісних коефіцієнтів продуктивності розділено на окремі градації (табл.1) [1]. Кожна градація відображає відносний рівень урожайності культур за відповідних умов ґрунтового зволоження.

Таблиця 1 – Шкала оцінки впливу умов зволоження ґрунту на урожайність польових культур (за [1])

Якісна оцінка урожайності, порівняно з її потенціалом	Оцінка умов зволоження ґрунту	
	якісна	кількісна (за коефіцієнтами продуктивності)
Близька до господарського максимуму	сприятливі	0,95-1,0
Більша, ніж середня багаторічна, між господарським максимумом і економічним мінімумом	задовільні	0,85-0,95
Середня між господарським максимумом і економічним мінімумом і близька до середньої багаторічної	несприятливі	0,65-0,85
Менша, ніж середня багаторічна, на рівні економічного мінімуму	дуже несприятливі	0,35-0,65
Економічно збиткова	надзвичайні	0-0,35

За розглянутими підходами проведено оцінку сприятливості умов зволоження ґрунту для формування урожаю озимої пшениці та ярого ячменю в основні періоди їх розвитку на території України. Поділ вегетаційних циклів зернових культур на періоди, відносно однорідні за ознаками вологопотребі і водоспоживання рослин відображено у табл.2.

Розрахунок сумарних коефіцієнтів продуктивності за періоди вегетаційного циклу озимої пшениці і ярого ячменю проведено за формулою

$$S_i(W) = \sum \eta_i(W) \alpha_i, \quad (7)$$

де $S_i(W)$ – сумарний коефіцієнт продуктивності за вологозапасами ґрунту за декілька декад (місяців) вегетаційного циклу, $\eta_i(W)$ – коефіцієнт продуктивності вологозапасів за певну декаду (місяць), α_i – ваговий множник за цей період.

Ваговий множник α , наведений у табл.2, є відносною кількісною характеристикою внеску кожного періоду вегетаційного циклу культури у формування урожаю.

Основу проведених розрахунків становили матеріали спостережень за вологістю ґрунту під озимою пшеницею по непарових попередниках та ярим ячменем за період 1961-2002 рр. на мережі гідрометеорологічних станцій України.

Як відомо за численними дослідженнями, вологість ґрунту має важливе значення для росту і розвитку озимої пшениці протягом всього вегетаційного циклу. Однак, в онтогенезі культури виділяються окремі критичні періоди, коли нестача вологи у ґрунті зумовлює істотне зменшення рівня і якості урожаю. Восени це період від сівби до укорінення, а навесні – від відновлення вегетації до колосіння.

На рис.1 відображено розподіл сумарних коефіцієнтів продуктивності озимої пшениці за запасами продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-100 см у період від сівби до укорінення. Найбільш сприятливі умови за ступенем забезпечення озимої пшениці ґрунтовою вологою в цей період складаються у Лісостепу центральному і прилеглий до

Таблиця 2 – Поділ вегетаційного циклу озимої пшениці і ярого ячменю на періоди за етапами онтогенезу (узагальнено за [2])

Фаза розвитку	Період вегетаційного циклу	Календарний період	Ваговий множник α , %
Озима пшениця			
Сівба - сходи Сходи-3-й листок 3-й листок - кущіння Кущіння - припинення вегетації	передпосівний	VIII	7
	сівба - укорінення	IX-XI	12
Зимовий спокій	зимовий спокій	XII-II	29
Відновлення вегетації - поява нижнього стеблового вузла Поява нижнього стеблового вузла - колосіння	відновлення вегетації - формування вегетативних органів	III-V	36
Колосіння – молочна стиглість	утворення генеративних органів	VI	9
Молочна – воскова стиглість	достигання	VII	7
Ярий ячмінь			
Посів - сходи Сходи-3-й листок 3-й листок - кущіння	сівба-укорінення	III-IV	39
Колосіння - молочна стиглість зерна	утворення генеративних органів	VI	22
Молочна - воскова стиглість Воскова - повна стиглість	достигання	VII	12

нього частині Північного Степу. Найменш сприятливі – у західних частинах Полісся і Лісостепу, Південному Степу і частині Східного Лісостепу (східніше Донецької височини). На решті території України переважають задовільні умови зволоження ґрунту, які визначають урожайність культури на рівні між господарським максимумом і економічним мінімумом.

За оцінкою просторового розподілу коефіцієнтів продуктивності озимої пшениці у період утворення вегетативних органів (березень-травень) встановлено, що у багаторічному розрізі майже на всій території України складаються задовільні умови забезпечення рослин ґрунтовою вологою. Значення коефіцієнтів продуктивності змінюються у межах 0,85-0,95. Неприятливі умови ґрунтового зволоження відзначаються у сухостеповій підзоні, де коефіцієнти продуктивності знижуються до 0,80-0,85. У період формування зерна (червень) вологопотреба озимої пшениці зменшується, зниження запасів продуктивної вологи у ґрунті сприяє підвищенню урожаю. Відповідно до зворотного характеру впливу вологості ґрунту на урожайність культури у цей період коефіцієнти продуктивності озимої пшениці за вологозапасами метрового ґрунту в усіх природних зонах знижуються до 0,55-0,66.



Рис.1 - Коефіцієнти продуктивності озимої пшениці за запасами продуктивної вологи за період від сівби до укорінення

Показники повторюваності умов ґрунтового зволоження різного ступеню сприятливості в основні періоди розвитку озимої пшениці наведено у табл. 3.

Повторюваність сприятливих і задовільних умов вологозабезпечення озимої пшениці, за яких відсутня необхідність у застосуванні додаткових агротехнічних прийомів, спрямованих на збалансування вмісту вологи у ґрунті (вологонакопичення, або, навпаки, дренаж) у період від сівби до вкорінення становить у Поліссі – 89 %, у Лісостепу – 88-91 %, у Північному Степу – 87-91 %, у Південному Степу – 75-78 %.

У період формування вегетативних органів у всіх зонах найбільшу повторюваність має поєднання сприятливих та задовільних умов (70-96%). Несприятливі умови ґрунтового зволоження у цей період найчастіше спостерігаються у Південному Степу – у середньому 4 рази на 10 років. Період утворення генеративних органів озимої пшениці характеризується збільшенням повторюваності несприятливих умов зволоження ґрунту, особливо у степовій зоні України.

Для отримання високих урожаїв ярого ячменю важливе значення мають сприятливі умови зволоження ґрунту у початковий період розвитку. Просторовий розподіл коефіцієнтів продуктивності ярого ячменю за запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту від появи сходів до укорінення відображено на Рис.2.

У цей період за переважання на території України сприятливих умов вологозабезпечення ярого ячменю виділяються три осередки із задовільними умовами ґрунтового зволоження – у західному Поліссі, де відзначається перезволоження, південно-східній частині Лісостепової зони та у південному Степу за нестачі запасів продуктивної вологи. Під час формування вегетативних органів сприятливі умови вологозабезпечення складаються у Поліссі і Лісостепу, задовільні – у степовій зоні. Період формування генеративних органів ярого ячменю за умовами ґрунтового вологозабезпечення має ті ж ознаки, що і в озимої пшениці. Значення коефіцієнтів продуктивності за запасами продуктивної вологи змінюються від 0,60 у Південному Степу до 0,76 у Поліссі.

Таблиця 3 – Повторюваність (%) умов вологозабезпечення озимої пшениці і ярого ячменю за запасами продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-100 см

Ґрунтово-кліматична зона	Якісна оцінка умов зволоження	Повторюваність (%) умов ґрунтового вологозабезпечення у періоді вегетаційного циклу культур					
		озима пшениця			ярий ячмінь		
		сівба-укорінення	відновлення вегетації - формування вегетативних органів	утворення генеративних органів	сівба-укорінення	формування вегетативних органів	утворення генеративних органів
Полісся	сприятливі	45	27	11	76	68	-
	задовільні	34	69	29	18	26	29
	несприятливі	21	4	60	6	6	71
	дуже несприятливі	-	-	-	-	-	-
Лісостеп західний	сприятливі	47	29	7	75	65	-
	задовільні	35	54	19	18	30	19
	несприятливі	18	17	74	7	5	81
	дуже несприятливі	-	-	-	-	-	-
Лісостеп центральний	сприятливі	65	32	-	82	81	-
	задовільні	26	61	31	15	18	16
	несприятливі	9	7	69	3	1	82
	дуже несприятливі	-	-	-	-	-	2
Лісостеп східний	сприятливі	38	30	-	70	50	-
	задовільні	30	65	35	26	45	10
	несприятливі	30	5	65	4	5	86
	дуже несприятливі	2	-	-	-	-	4
Степ північний	сприятливі	57	25	-	61	18	-
	задовільні	30	60	29	30	70	8
	несприятливі	9	10	56	9	12	84
	дуже несприятливі	4	5	15	-	-	8
Степ південний	сприятливі	44	10	-	52	-	-
	задовільні	21	55	5	26	66	5
	несприятливі	26	19	64	18	21	77
	дуже несприятливі	9	16	31	4	13	18

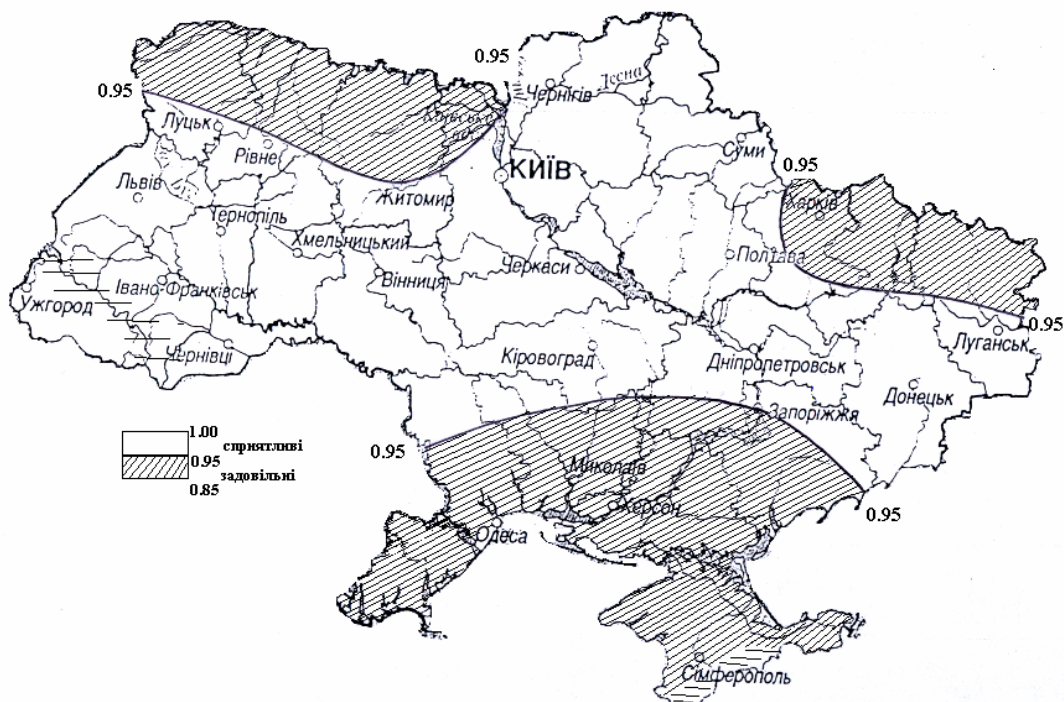


Рис.2 - Коефіцієнти продуктивності ярого ячменю за запасами продуктивної вологи за період від сівби до укорінення

Показники повторюваності умов ґрунтового зволоження різного ступеню сприятливості для формування урожаю ярого ячменю наведено у табл.3. Для цієї культури сприятливі та задовільні умови зволоження метрового шару ґрунту у періоди укорінення та формування вегетативних органів у Поліссі, Лісостепу та Північному Степу складаються майже щорічно, у Південному Степу несприятливі та дуже несприятливі умови повторюються 3-4 рази на 10 років. У період утворення генеративних органів (червень) велику повторюваність мають несприятливі умови зволоження ґрунту, тому для отримання високих урожаїв ярого ячменю особливо значимими є ранні терміни сівби, що дозволяє культурі сформувати максимальну вегетативну масу протягом квітня-травня, коли вміст вологи у ґрунті є достатнім.

Висновки. Проведене дослідження дозволило визначити загальні зональні закономірності розподілу умов вологозабезпечення озимої пшениці і ярого ячменю в Україні та окремі їх регіональні особливості, зумовлені неоднорідністю агрогідрологічних властивостей ґрунтів, впливом циркуляційних і орографічних чинників. Оцінка повторюваності умов ґрунтового зволоження за період 1961-2002 рр. вказує на переважання сприятливих і задовільних умов забезпечення ґрунтовою вологою зернових культур у періоди їх максимальної вологопотреби. У практиці сільськогосподарського виробництва необхідно враховувати досить високу частоту несприятливого режиму зволоження ґрунтів для ранніх ярих зернових культур у період формування генеративних органів у Східному Лісостепу та Південному Степу.

Список літератури

1. *Дмитренко В.П.* Динамическая теория максимальной урожайности сельскохозяйственных культур//Труды УкрНИГМИ. – 1976. –Вып. 148. – С. 3-12.
2. *Дмитренко В.П.* Методические указания по комплексной оценке влияния засушливых явлений на урожайность зерновых культур и сахарной свеклы. – М.: Гидрометеиздат, 1992.– 84 с.
3. *Дмитренко В.П.* О полной агрометеорологической модели урожайности //Труды УкрНИГМИ. – 1983. –Вып. 191.– С. 23-33.
4. *Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Даниелов С.А.* Математические методы оценки агроклиматических ресурсов.– Л.: Гидрометеиздат, 1989.– 208 с.
5. *Лархер В.* Экология растений.– М.: Мир, 1978. – 381 с.
6. *Мушкин И.Г.* Влагообеспеченность сельскохозяйственных полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 256 с.

Агроклиматическая оценка условий влагообеспеченности основных зерновых культур в Украине. Круківська А.В.

На основе базовой математической модели „погода-урожай” УкрНИГМИ исследовано влияние режима увлажнения почв на формирование урожайности озимой пшеницы и ярового ячменя в Украине. Определена повторяемость условий почвенного увлажнения различной степени благоприятности в основные периоды развития зерновых культур и проанализированы особенности их пространственного распределения.

Ключевые слова: условия влагообеспеченности, период вегетационного цикла, зерновые культуры, влагопотребность растений, урожайность, коэффициент продуктивности, запасы продуктивной влаги в почве.

The agroclimatic estimation of moisture-provided conditions of the main grain crops in Ukraine. Krukivskaya A.V.

On the basis of the mathematical model "weather-harvest" (UHMI) the influence of soil moisture on winter wheat and summer barley yields formation in Ukraine are investigated. Repeatability of a soil moisture conditions with various degree of usefulness during the main periods of grain crops development so as the peculiarity of their spatial distribution are analyzed.

Key words: moisture-provided conditions, period of vegetative cycle, grain crops, water-need of plants, productivity, coefficient of productivity, stocks of the productive moisture in the ground.