

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2024. № 8.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.8.37>

УДК 631.554

М. М. Гузь,

*к. е. н., доцент кафедри статистики та економічного аналізу,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2258-3230>*

А. В. Чухліб,

*к. е. н., доцент кафедри статистики та економічного аналізу,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0198-2969>*

О. І. Симоненко,

*к. е. н., доцент кафедри статистики та економічного аналізу,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2459-4187>*

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ НА ОСНОВІ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ

М. Huz,

PhD in Economics, Associate professor of the Department of Statistics and Economic Analysis, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

A. Chukhlib,

PhD in Economics, Associate professor of the Department of Statistics and Economic Analysis, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

O. Symonenko,

PhD in Economics, Associate professor of the Department of Statistics and Economic Analysis, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

MODELING AND FORECASTING OF SUNFLOWER YIELD BASED ON CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF CLIMATIC FACTORS

Україна має розвинений аграрний сектор економіки, де сільське господарство складає ліву частку валового внутрішнього продукту. Актуальність теми обумовлена тим, що сільськогосподарське виробництво, яке має стратегічне значення для країни, дуже чутливе до поточних змін клімату. Водночас галузь рослинництва вже перебуває в процесі адаптації до наслідків кліматичних змін та агрометеорологічних факторів, що проявляється у розширенні асортименту вирощуваних культур.

Метою даного дослідження було прогнозування адаптивності соняшника за їх врожайністю в різних природно-кліматичних зонах України, використовуючи методи кореляційного та регресійного аналізів. У ході дослідження було використано методи кореляційно-регресійного аналізу. На основі результатів проведених досліджень доведено доцільність урахування змін клімату для отримання високих врожаїв соняшника. Аналіз динаміки врожайності показав, що доцільно переорієнтувати сільськогосподарське виробництво на вирощування теплолюбних культур, таких як соняшник і ріпак, у Лісостепу, де за останні роки вони дають такі ж або трохи вищі врожаї, ніж на півдні України. Для дослідження було застосовано програми Statistica та Excel. Встановлено, що вирощування соняшника у зоні Полісся є не вигідним через досить низьку врожайність, тому в цих регіонах варто продовжувати вирощувати традиційні культури. Встановлені залежності врожайності соняшника від кліматичних та агрометеорологічних факторів дозволили ідентифікувати комплекс факторів, які відіграють основну роль у формуванні врожаю цієї культури. Розроблені моделі врожайності соняшника на основі регресійного аналізу дозволять прогнозувати врожайність культури залежно від кліматичних умов. Результати дослідження можуть бути корисними при плануванні та оптимізації діяльності сільськогосподарських підприємств та сільського господарства в цілому, у різних природно-кліматичних зонах України, як стратегічної галузі економіки.

Ukraine has a well-developed agricultural sector, where agriculture represents a significant portion of the gross domestic product. The importance of this sector is heightened by its sensitivity to ongoing climate changes. As a strategic component of the national economy, agricultural production must adapt to these changes to ensure sustainability and productivity. This study focuses on modeling and predicting sunflower yield through correlation and regression analysis of climatic factors, providing insights into the adaptability of this crop in various

natural and climatic zones of Ukraine. The objective of this study was to predict the adaptability of sunflowers based on their yield in various natural and climatic zones of Ukraine, using correlation and regression analyses. The study employed correlation and regression analysis methods to achieve this goal. The research findings demonstrated the necessity of considering climate change to achieve high sunflower yields. The analysis of yield dynamics indicated that it is prudent to shift agricultural production towards the cultivation of heat-loving crops, such as sunflower and rapeseed, in the Forest Steppe zone. In recent years, these crops have produced yields that are comparable to or even higher than those in the southern regions of Ukraine. This suggests a significant potential for enhancing the productivity and efficiency of the agricultural sector through adaptation to new climatic conditions. This reorientation presents a promising opportunity for the agricultural sector. The research utilized Statistica and Excel programs to analyze the data. It has been determined that the cultivation of sunflowers in the Polissya zone may not be as advantageous due to relatively low yields; therefore, continuing to grow traditional crops in these regions is advisable. The established dependencies of sunflower yield on climatic and agrometeorological factors enabled the identification of a complex set of factors that significantly influence the yield of this crop. Developed sunflower yield models based on regression analysis allow for the forecasting of crop yields depending on climatic conditions. The results of the study can aid in planning and optimizing the operations of agricultural enterprises and the agricultural sector as a whole in different natural and climatic zones of Ukraine, which is a strategic branch of the economy. Further research in this direction can provide farmers with valuable insights for better crop management and adaptation strategies.

Ключові слова: АПК, сільськогосподарське виробництво, кореляційно-регресійний аналіз, математичне моделювання, прогнозування, зміни клімату, рентабельність

Keywords: agricultural industry, agricultural production, correlation-regression analysis, mathematical modeling, forecasting, climate change, profitability

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Адаптація агропромислового комплексу України до змін клімату є актуальною проблемою. Розробка

стратегії сталого розвитку АПК в Україні повинна передбачати адаптаційні заходи з урахуванням кліматичних умов. На глобальному рівні розроблено близько 20 прогнозних моделей зміни клімату, створених дослідниками з різних країн світу [1, с. 172]. Згідно з результатами таких досліджень, до кінця XXI століття може відбутися підвищення температури на 2-4°C по всій Україні [2, с. 1]. Тенденції зміни клімату характеризуються висхідним вектором зростання середньорічної температури атмосферного повітря, і, відповідно, в найближчі 20 років існує високий потенційний ризик фактичної втрати орних земель для інтенсивного землеробства не лише в степовій зоні України, але й на понад половині площі сільськогосподарських угідь по всій країні. Водночас Україна має всі передумови для ефективного управління та подальшого розвитку АПК, встановлені історичні традиції сільськогосподарської діяльності, достатню наявність трудових ресурсів тощо [3, с. 01020]. Зміна кліматичних умов в Україні викликає зміщення меж агрокліматичних зон з півдня на північ і північний захід, спричиняючи розвиток несприятливих агрометеорологічних явищ, що проявляються у нестачі вологи та підвищенні температури атмосферного повітря і ґрунту [4, с. 4; 5, с. 189]. При цьому необхідне наукове обґрунтування підходів до більш ефективного використання тепла та мінімізації можливих ризиків, що можуть суттєво погіршити як екологічний стан сільськогосподарських ландшафтів, так і значно знизити продуктивність аграрної галузі [6, с. 126677]. Моделювання та прогнозування врожайності соняшнику на основі кореляційно-регресійного аналізу кліматичних факторів є важливим етапом у процесі адаптації агропромислового комплексу України до змін клімату [7, с. 1]. Враховуючи зростаючу важливість цього завдання, дослідження, спрямовані на розробку ефективних моделей прогнозування, можуть забезпечити стійке сільськогосподарське виробництво і підвищити ефективність управління аграрними ресурсами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні та зарубіжні вчені приділяють багато уваги проблемам математичного моделювання продуктивності аграрної галузі, зокрема й впливу кліматичних факторів на врожайність сільськогосподарської продукції. Ю. Ху та співавтори провели дослідження щодо оцінки чутливості врожайності основних

сільськогосподарських культур до впливу змін клімату в Китаї. Вони використали сучасні кліматичні моделі та методи аналізу даних для вивчення впливу різних кліматичних факторів на продуктивність сільськогосподарських культур. Авторами було проведено комплексний аналіз історичних даних про врожайність та кліматичні умови, що дозволило визначити основні тренди та ризики для сільськогосподарського виробництва. Результати демонструють те, як зміни клімату можуть вплинути на майбутні врожаї та які заходи адаптації можуть бути необхідні для мінімізації негативних наслідків [1, с. 172]. С. Камелія та М. Міхаела досліджували вплив змін клімату на вирощування соняшнику в Румунії. Вони проаналізували кліматичні умови та агрометеорологічні фактори, які впливають на врожайність соняшнику, і розробили рекомендації щодо адаптації сільськогосподарських практик до нових кліматичних умов [2, с. 1]. С. Данієленко, І. Сас та М. Фомічов провели дослідження впливу глобального потепління на виробничу діяльність українських сільськогосподарських підприємств. Вони використали статистичні дані та моделі для аналізу змін у врожайності різних культур під впливом підвищення температури та інших кліматичних змін [3, с. 01020]. Ю. Дзюрах здійснив економічну оцінку та аналіз державного регулювання агропромислового сектору України з метою забезпечення продовольчої безпеки. Використовуючи методи моделювання та аналізу, автор досліджував вплив різних економічних та політичних факторів на продуктивність агропромислового сектору [4, с. 4]. С. Халін та колеги досліджували прогнозування врожайності основних сільськогосподарських культур та непрямі втрати виробництва в Україні в умовах воєнного стану у 2023 році. Використовуючи різні методи аналізу даних та моделювання, вони оцінили потенційні втрати врожайності та запропонували заходи для мінімізації збитків [5, с. 189]. П. Дабаєке та співавтори досліджували прогнозування врожайності соняшника з використанням даних дистанційного зондування та статистичних моделей. Вони розробили нові методи для оцінки та прогнозування врожайності, які враховують різні агрометеорологічні та кліматичні фактори. Результати їхнього дослідження показують, як сучасні технології та методи аналізу можуть бути використані для підвищення точності прогнозів

врожайності та оптимізації аграрного виробництва [6, с. 126677]. Н. Вознюк та колеги провели дослідження щодо прогнозування адаптивності теплолюбних культур до змін клімату в Україні. Використовуючи різні методи аналізу та моделювання, вони оцінили вплив кліматичних змін на врожайність та продуктивність таких культур, як соняшник і ріпак [7, с. 1]. М. Юнгман представив результати регресійного аналізу в контексті взаємозв'язку між зміною клімату та здоров'ям. Він використав статистичні моделі для аналізу впливу кліматичних факторів на здоров'я населення та надав рекомендації щодо політичних заходів для пом'якшення негативних наслідків [8, с. 116]. Н. Майданович провів огляд впливу змін клімату на АПК України. Він аналізував поточні дослідження та дані щодо змін клімату і їх впливу на врожайність та продуктивність різних сільськогосподарських культур [9, с. 1]. С. Гупта та співавтори досліджували прогнозування врожайності пшениці з використанням гібридних методів машинного навчання. Вони розробили багатоступеневі моделі, які дозволяють точно передбачати врожайність на основі агрометеорологічних даних та інших факторів [10, с. 373].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою цієї статті є розробка моделей для прогнозування врожайності соняшнику на основі аналізу кліматичних факторів.

Для досягнення цілей статті було використано методи кореляційного та регресійного аналізів, щоб виявити, як різні кліматичні умови, такі як температура повітря та кількість опадів, впливають на врожайність соняшнику в різних регіонах України. На основі отриманих результатів планується створити програмне середовище для прогнозування врожайності, що допоможе аграріям краще планувати свою діяльність та адаптуватися до змін клімату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження багатьох авторів показали, що для мінімізації впливу змін клімату на сільське господарство необхідно розвивати адаптаційні напрямки сільськогосподарського виробництва до різних сценаріїв зміни клімату [9, с. 2]. Це включає розвиток систем землеробства з ресурсозберігаючими та ґрунтозберігаючими елементами технологій вирощування, впровадження інноваційних методів обробітку ґрунту для зменшення антропогенного

навантаження та зниження викидів парникових газів, покращення системи захисту рослин від хвороб і шкідників, використання сортів та гібридів культур, пристосованих до посушливих умов та зрошення, а також культур з коротким вегетаційним періодом. Важливим є також запобігання деградації ґрунту, засоленню і залуженню, боротьба з водною та вітровою ерозією, впровадження водозберігаючих режимів зрошення та інноваційних методів зрошення сільськогосподарських культур. Моделювання врожайності соняшнику на основі кореляційно-регресійного аналізу кліматичних факторів є ефективним інструментом для прогнозування продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату [10, с. 373; 5, с. 191]. Врахування метеорологічних та агрометеорологічних факторів дозволяє розробляти адаптаційні стратегії, що підвищують стійкість аграрного сектору до кліматичних змін і забезпечують стабільну врожайність соняшнику в різних регіонах України. (Рис. 1).

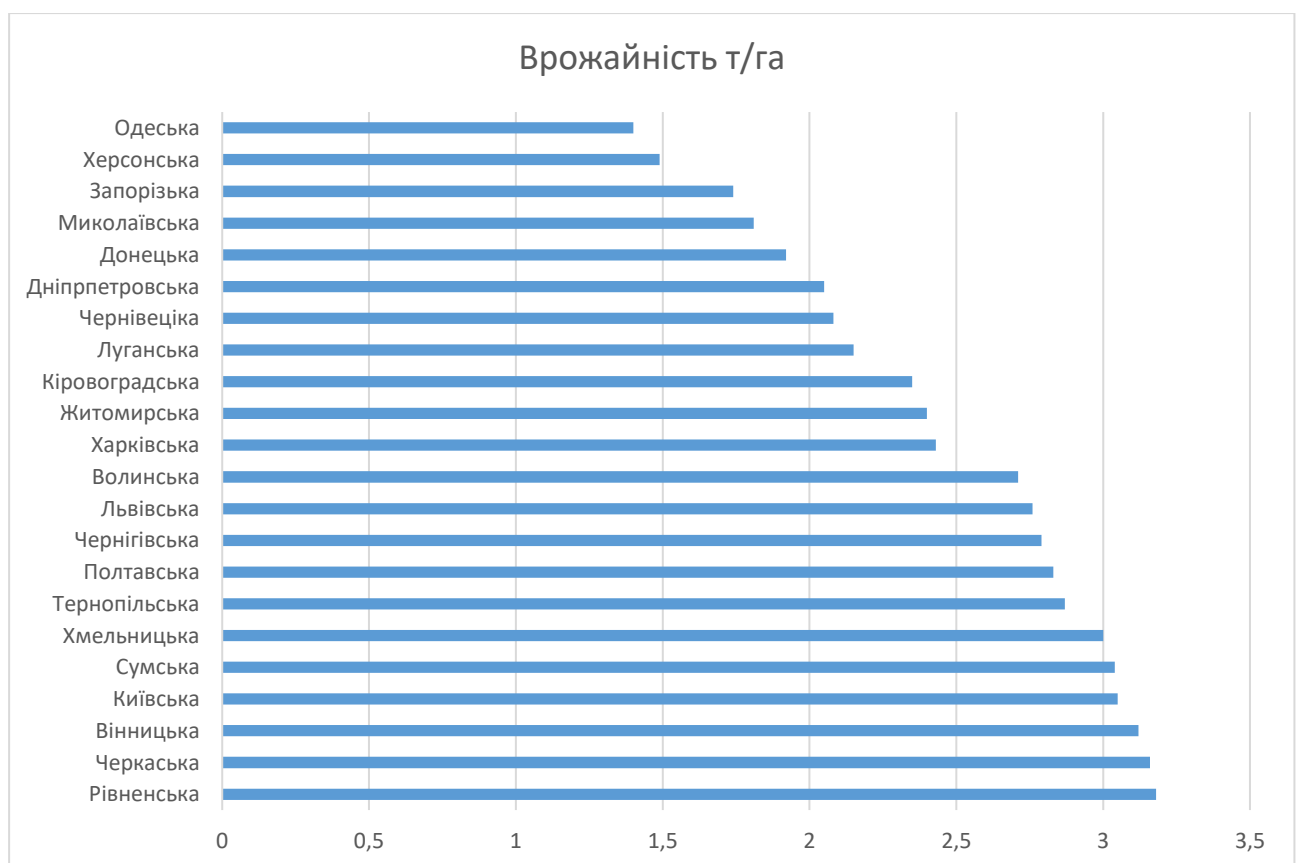


Рис. 1. Середня врожайність соняшника у різних областях України

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [1-3].

З урахуванням актуальних змін клімату на території України, були проаналізовані динаміка метеорологічних (середня температура повітря,

максимальна та мінімальна температура поверхні ґрунту, середня температура орного шару ґрунту, кількість опадів) та агрометеорологічних (суми позитивних та ефективних температур, запаси продуктивної вологи орного шару ґрунту, гідротермічний коефіцієнт) факторів за період 2010-2023 років у зонах Полісся, Лісостепу та Степу [7, с. 1]. У Поліссі та Лісостепу середня температура повітря під час вегетаційного періоду майже однакова і коливається в межах 13-14°C за період дослідження. У степовій зоні цей показник є вищим в 1,4 рази і знаходиться в діапазоні 18-20°C. Зміни в температурному режимі під час теплого періоду року вплинули на теплові ресурси України. Для їх оцінки використовували показник суми активних температур повітря вище +10°C, накопичених протягом теплого періоду. Аналіз динаміки цих сум за різні періоди дозволив зафіксувати їх збільшення в середньому на 200-400°C. На далекому півдні України сформувалася теплова зона, де сума температур перевищує 3400-3700°C. Крім того, в попередньому десятилітті теплове забезпечення Вінницької, Полтавської, Харківської та Кіровоградської областей у період 2010-2019 років було таким самим, як і в Херсонській області. Таким чином, регіони Північного Степу та Південного Лісостепу України вже наближаються до умов Південного Степу. Моделювання врожайності соняшнику з використанням методів регресійного та кореляційного аналізів дозволяє ефективно враховувати вплив цих змінних на продуктивність культури [10, с. 373]. Для прикладу, у дослідженні використовувались дані щодо середньої температури повітря, кількості опадів, суми активних температур та запасів продуктивної вологи в ґрунтовому шарі [7, с. 1].

Регресійний аналіз показав сильний позитивний кореляційний зв'язок між середньою температурою повітря під час вегетаційного періоду та врожайністю соняшнику (Табл. 1).

Таблиця 1. Regression models of crop yields

Природно-кліматичні зони України.	Назва фактора	Рівняння регресії	$p \leq$	χ^2
Степова зона	Кліматичний	$y = -8.4 \cdot x_1 + 1.66 \cdot x_2 + 0.85 \cdot x_3 + 0.43 \cdot x_4 - 0.02 \cdot x_5 +$	0.002	0.84
	Агрометеорологічний	$y = -0.09 \cdot x_6 + 0.05 \cdot x_2 + 0.45 \cdot x_3 - 8.6 \cdot x_9 - 10.66$	0.001	0.93
	Кліматичний та агрометеорологічний	$y = -3.76 \cdot x_1 + 1.32 \cdot x_2 + 1.28 \cdot x_3 + 4.94 \cdot x_4 - 0.02 \cdot x_5 - 0.08 \cdot x_6 + 0.02 \cdot x_7 -$	0.0009	0.75
Лісостепова зона	Кліматичний	$y = -1.24 \cdot x_1 + 0.73 \cdot x_2 - 0.53 \cdot x_3 - 0.07 \cdot x_4 - 0.01 \cdot x_5 - 5.64$	0.002	0.89
	Агрометеорологічний	$y = -0.01 \cdot x_2 - 0.29 \cdot x_8 - 0.49 \cdot x_9 + 38.39$	0.004	0.85
	Кліматичний та агрометеорологічний	$y = 2.46 \cdot x_1 + 1.7 \cdot x_2 + 1.65 \cdot x_5 - 9.85 \cdot x_4 - 0.05 \cdot x_5 + 0.04 \cdot x_6 + 0.32 \cdot x_8 + 8.3 \cdot x_9 - 53.59$	0.0009	0.92
Полісся	Кліматичний	$y = -5.79 \cdot x_1 + 0.04 \cdot x_2 + 0.58 \cdot x_3 + 0.17 \cdot x_4 + 0.04 \cdot x_5 + 89.86$	0.003	0.89
	Агрометеорологічний	$y = -0.07 \cdot x_6 + 0.05 \cdot x_7 + 0.14 \cdot x_3 + 0.44 \cdot x_9 - 41.58$	0.0008	0.79
	Кліматичний та агрометеорологічний	$y = -182.7 \cdot x_1 + 3.1 \cdot x_2 + 7.3 \cdot x_3 + 9.4 \cdot x_0 - 0.1 \cdot x_5 + 0.5 \cdot x_6 + 0.12 \cdot x_7 - 2.91 \cdot x_8 + 27.2 \cdot x_9 + 1361,22$	0.002	1

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [3-7].

Результати моделювання показують, що соняшник має певну стабільність у прирості продуктивності при збільшенні суми температур, що пов'язано з тривалим вегетаційним періодом і зниженням температурного режиму наприкінці літа та восени на завершальній стадії розвитку рослин. Негативні зв'язки продуктивності рослин спостерігалися щодо фотосинтетично активного випромінювання [7, с. 1]. Розрахунки свідчать про повільне зниження врожайності гібридів усіх груп дозрівання зі збільшенням надходження

фотосинтетично активного випромінювання, що пояснюється особливостями кліматичних умов Південного Степу України, які характеризуються високими ресурсами сонячної радіації та природним дефіцитом зволоження [10, с. 373].

Кореляційний аналіз даних врожайності різних за термінами дозрівання соняшника та теплоенергетичних показників дозволив встановити різні ступені і напрямки взаємозв'язку продуктивності рослин при диференціації природних умов зволоження протягом років дослідження [9, с. 3]. За допомогою створених кореляційно-регресійних залежностей можна змодельовати рівень урожайності соняшника на основі кліматичних даних. Виявлено негативний вплив екстремально високих температур на врожайність, що підкреслює важливість збереження теплового режиму в межах оптимальних параметрів [10, с. 373]. Кореляційний аналіз виявив сильний зв'язок між сумою активних температур та врожайністю соняшнику, що свідчить про важливість теплових ресурсів для цієї культури [10, с. 373]. Підтверджено суттєвий вплив кількості опадів та запасів продуктивної вологи в ґрунті на врожайність соняшнику, що підкреслює необхідність оптимального зволоження ґрунту (табл. 2).

Аналіз варіації даних щодо впливу кліматичних факторів на врожайність соняшнику свідчить про їхню високу відтворюваність у вологі, помірні та помірно вологі роки, оскільки коефіцієнт варіації коливається від 9.2 до 10.4%. Однак у помірно сухі та сухі роки спостерігається зростання врожайності соняшника ($-\bar{x}$) у 2.5-2.9 разів (V становить 25.8 та 26.6%). Оцінка варіації теплових ресурсів підтвердила стабільність суми температур протягом вегетаційного періоду (C), але також показала значну різницю у температурному індексі (T). У вологі роки цей показник має невелику варіативність ($V = 5.1\%$), середню ($V = 18.6$ та 12.4%) - у помірно вологі роки, значну ($V = 23.2$ та 33.5%) - у помірно сухі та сухі роки. Індекси надходження фотосинтетично активного випромінювання (QF) відрізнялися середнім ступенем варіативності з показниками варіації від 11.2 до 19.7%. Ефективність фотосинтетично активного випромінювання (nf) % також залежала від кліматичних факторів і корелювалася з паралельними експериментальними дослідженнями $r=0.79\dots 0.92$.

Таблиця 2. Результати кореляційного аналізу впливу кліматичних факторів на врожайність соняшнику

Вологозабезпеченість на рік	Статистичні коефіцієнти	Індекси				
		$-\bar{x}$, т/га	C_c , °C	$T_{\square}$	Q_F , ГДж/га	n_f , %
Вологий ґрунт	Коефіцієнт варіації, V , %	9.2	11.4	5.1	13.5	6.5
	Коефіцієнт кореляції, r	-	0.90	0.23	0.91	0.79
	Коефіцієнт детермінації, R^2	-	0.81	0.05	0.82	0.24
Помірно Вологий ґрунт	Коефіцієнт варіації, V , %	10.4	12.4	18.6	19.7	31.6
	Коефіцієнт кореляції, r	-	0.31	-0.80	-0.17	0.77
	Коефіцієнт детермінації, R^2	-	0.10	0.64	0.03	0.59
Помірний рівень вологості ґрунту	Коефіцієнт варіації, V , %	9.2	12.3	12.4	12.6	12.8
	Коефіцієнт кореляції, r	-	0.36	-0.41	0.34	0.94
	Коефіцієнт детермінації, R^2	-	0.13	0.17	0.11	0.16
Помірно Сухий ґрунт	Коефіцієнт варіації, V , %	25.8	11.7	23.2	11.5	26.2
	Коефіцієнт кореляції, r	-	0.41	-0.89	0.16	0.90
	Коефіцієнт детермінації, R^2	-	0.17	0.78	0.03	0.81
Сухий ґрунт	Коефіцієнт варіації, V , %	26.6	12.1	33.5	11.2	26.7
	Коефіцієнт кореляції, r	-	0.20	0.86	0.03	0.92
	Коефіцієнт детермінації, R^2	-	0.04	0.73	0.00	0.85

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [3-7].

У ході дослідження моделювання та прогнозування врожайності соняшнику на основі кореляційно-регресійного аналізу кліматичних факторів були отримані рівняння регресії, що відображають взаємозв'язок кліматичних

змін та продуктивності сільського господарства в Україні. Аналіз даних показав, що кліматичні фактори, такі як температура повітря, кількість опадів та фотосинтетично активне випромінювання мають істотний вплив на врожайність соняшнику. Виявлено, що в природно-кліматичних зонах України, таких як Полісся, Лісостеп і Степ, спостерігаються різні рівні впливу кліматичних факторів на врожайність соняшнику [10, с. 373]. Встановлено, що у степовій зоні підвищення температури повітря позитивно корелює з підвищенням врожайності, тоді як у поліській зоні такі зміни можуть мати негативний вплив через недостатнє зволоження ґрунту. Також варто відзначити, що зміна клімату призводить до зсуву агрокліматичних зон, що, своєю чергою, впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Це підтверджує необхідність розробки нових адаптаційних стратегій для аграрного сектору України. Серед таких стратегій можна виділити використання сортів та гібридів соняшнику, стійких до посушливих умов, впровадження інноваційних методів зрошення та зменшення антропогенного навантаження на ґрунти [5, с. 189]. Застосування кореляційно-регресійного аналізу дозволило визначити основні фактори, що впливають на врожайність соняшнику, та створити моделі для прогнозування врожайності за різних кліматичних умов [10, с. 373]. Ці моделі можуть бути корисними для аграріїв при плануванні сільськогосподарських робіт та прийнятті рішень щодо вибору культур та технологій вирощування. Однак, слід враховувати, що результати моделювання мають певні обмеження, оскільки вони базуються на історичних даних, що можуть не повністю відображати майбутні кліматичні умови [7, с. 1]. Тому статистичні моделі потребують постійного оновлення та вдосконалення з урахуванням нових даних та технологій.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі. У результаті дослідження моделювання та прогнозування врожайності соняшнику на основі кореляційно-регресійного аналізу кліматичних факторів було встановлено вплив кліматичних факторів на врожайність соняшнику. Встановлено, що такі кліматичні фактори, як температура повітря, кількість опадів та фотосинтетично активне випромінювання, мають істотний вплив на врожайність соняшнику в різних природно-кліматичних зонах України.

Встановлено, що підвищення температури в степовій зоні сприяє збільшенню врожайності, тоді як у поліській зоні недостатнє зволоження ґрунту може негативно впливати на врожайність. Проведене дослідження підкреслює важливість адаптації сільськогосподарського виробництва до змін клімату та необхідність використання сучасних методів аналізу даних для підвищення ефективності агровиробництва. Подальші дослідження в цьому напрямку можуть допомогти аграріям краще адаптуватися до змін клімату та забезпечити стабільні врожаї соняшнику в Україні.

Література

1. Assessing the Sensitivity of Main Crop Yields to Climate Change Impacts in China / Y. Xu et al. *Atmosphere*. 2021. Vol. 12, № 2. P. 172. URL: <https://doi.org/10.3390/atmos12020172>.
2. Camelia S., Mihaela M. C. Sunflower in Romania in the Climate Change Context. *7th International Scientific Conference ERAZ - Knowledge Based Sustainable Development*. 2021. URL: <https://doi.org/10.31410/eraz.2021.365>.
3. Demianenko S., Sas I., Fomichov M. Global warming and its impact on the production activities of Ukrainian agricultural enterprises. *BIO Web of Conferences*. 2024. Vol. 114. P. 01020. URL: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411401020>.
4. Dziurakh Y. Economic Assessment and State Regulation of the Agri-industrial Sector in Ukraine: Solutions for Ensuring Food Security (Modeling and Analysis). *Economic Affairs*. 2022. Vol. 67, № 4s. URL: <https://doi.org/10.46852/0424-2513.4s.2022.11>.
5. Forecast estimates of yield and indirect production losses of main agricultural crops in Ukraine in 2023 under the conditions of martial law / S. Khalin et al. *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine*. 2023. Vol. 1, № 32(46). P. 189–197. URL: [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2023-1-32\(46\)-17](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2023-1-32(46)-17).
6. Forecasting sunflower grain yield using remote sensing data and statistical models / P. Debaeke et al. *European Journal of Agronomy*. 2023. Vol. 142. P. 126677. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126677>.

7. Forecasting the adaptability of heat-loving crops to climate change in Ukraine / N. Vozniuk et al. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26, № 2. URL: [https://doi.org/10.48077/scihor.26\(2\).2023.87-102](https://doi.org/10.48077/scihor.26(2).2023.87-102) .
8. Jungmann M. Regression results. *The Politics of the Climate Change-Health Nexus*. Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge, 2021. |, 2021. P. 116–124. URL: <https://doi.org/10.4324/9781003145646-6> .
9. Maidanovych N. How climate change can influence the agriculture in Ukraine: a review. *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine*. 2020. № 27(41). URL: [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27\(41\)-15](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-15) .
10. Multistage wheat yield prediction using hybrid machine learning techniques / S. GUPTA et al. *Journal of Agrometeorology*. 2022. Vol. 24, № 4. P. 373–379. URL: <https://doi.org/10.54386/jam.v24i4.1835> .

References

1. Camelia, S., & Mihaela, M. C. (2021), “Sunflower in Romania in the Climate Change Context”, *7th International Scientific Conference ERAZ - Knowledge Based Sustainable Development*, Association of Economists and Managers of the Balkans, Belgrade, Serbia. <https://doi.org/10.31410/eraz.2021.365>
2. Debaeke, P., Attia, F., Champolivier, L., Dejoux, J. F., Micheneau, A., Bitar, A. A., & Trépos, R. (2023), “Forecasting sunflower grain yield using remote sensing data and statistical models”, *European Journal of Agronomy*, vol. 142, 126677. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126677>
3. Demianenko, S., Sas, I., & Fomichov, M. (2024), “Global warming and its impact on the production activities of Ukrainian agricultural enterprises”, *BIO Web of Conferences*, vol. 114, 01020. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411401020>
4. Dziurakh, Y. (2022), “Economic Assessment and State Regulation of the Agri-industrial Sector in Ukraine: Solutions for Ensuring Food Security (Modeling and Analysis)”, *Economic Affairs*, vol. 67(4s). <https://doi.org/10.46852/0424-2513.4s.2022.11>
5. Gupta, S., Vashisth, A., Krishnan, P., Lama, A., Prasad, S., & K. S., A. (2022), “Multistage wheat yield prediction using hybrid machine learning

techniques”, *Journal of Agrometeorology*, vol. 24(4), pp. 373–379.
<https://doi.org/10.54386/jam.v24i4.1835>

6. Jungmann, M. (2021), Regression results “”, *The Politics of the Climate Change-Health Nexus*. Routledge, pp. 116–124.
<https://doi.org/10.4324/9781003145646-6>

7. Khalin, S., Maidanovych, N., Saidak, R., & Novokhatskyi, M. (2023), “Forecast estimates of yield and indirect production losses of main agricultural crops in Ukraine in 2023 under the conditions of martial law”, *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine*, vol. 1(32(46)), pp. 189–197. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2023-1-32\(46\)-17](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2023-1-32(46)-17)

8. Maidanovych, N. (2020), “How climate change can influence the agriculture in Ukraine: A review”, *Technical and technological aspects of development and testing of new machinery and technologies for agriculture of Ukraine*, vol. 27(41). [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27\(41\)-15](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-15)

9. Vozniuk, N., Skyba, V., Likho, O., Sobko, Z., & Klimenko, T. (2023), “Forecasting the adaptability of heat-loving crops to climate change in Ukraine”, *Scientific Horizons*, vol. 26(2). [https://doi.org/10.48077/scihor.26\(2\).2023.87-102](https://doi.org/10.48077/scihor.26(2).2023.87-102)

10. Xu, Y., Chou, J., Yang, F., Sun, M., Zhao, W., & Li, J. (2021), “Assessing the Sensitivity of Main Crop Yields to Climate Change Impacts in China”, *Atmosphere*, vol. 12(2), 172. <https://doi.org/10.3390/atmos12020172>

Стаття надійшла до редакції 01.08.2024 р.