



ГЕОГРАФІЯ

УДК 911.3.333 (477.51)+551.583.2
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.6.2023.4>

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР: КЕЙС ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

М. О. Барановський¹, О. В. Барановська²

Кліматичні зміни є вагомим чинником впливу на продуктивність сільськогосподарських культур. Об'єктивна оцінка цього впливу є складним завданням, вона важлива для продовольчої безпеки та ефективного використання аграрного потенціалу регіону. Це спонукало провести дослідження, аби виявити реальний вплив кліматичних трендів на продуктивність сільськогосподарських культур Чернігівської області. Дослідження базувалося на показниках динаміки врожайності п'яти сільськогосподарських культур, двох кліматичних і п'яти агротехнічно-економічних показників Чернігівської області за 2001–2020 роки. Цей період характеризувався значними змінами кліматичних характеристик, а його тривалість є достатньою для об'єктивного наукового аналізу. Вплив кліматичного чинника на варіацію продуктивності сільськогосподарських культур оцінювався на основі використання канонічного аналізу. Його результати вказують на те, що внесок кліматичного чинника у флуктуацію врожайності основних сільськогосподарських культур Чернігівської області становить 30%. З-поміж кліматичних характеристик найбільший вплив на урожайність мав термічний режим, особливо впродовж 2011–2020 років. З'ясувалося, що майже 70% варіації врожайності п'яти аграрних культур області детермінують агротехнічно-економічні чинники. Це вказує на ймовірність завищеної оцінки внеску кліматичних показників у тих випадках, коли роль інших чинників ігнорується. Водночас отримані результати не спростовують усталене твердження про зростаючий вплив кліматичних трендів на продуктивність сільськогосподарських культур. У Чернігівській області це проявилось у просторовій експансії низки ліквідних сільськогосподарських культур на півночі регіону, у значному зростанні валових зборів цих культур. Кліматичні зміни 2001–2020 років посилили природні конкурентні переваги Чернігівської області на ринку виробників аграрної продукції. Оцінка впливу кліматичного чинника на врожайність сільськогосподарських культур регіону, яка вперше проведена на основі використання канонічного аналізу,

¹ доктор географічних наук, професор,
професор кафедри географії, туризму та спорту (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин)
e-mail: Brnm@ukr.net
ORCID: 0000-0002-0771-1126

² кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри географії, туризму та спорту
(Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин)
e-mail: OIia_Bar@ukr.net
ORCID: 0000-0001-5758-3129

може стати підґрунтям для перегляду системи землеробства задля більш ефективного використання аграрного потенціалу Чернігівської області.

Ключові слова: кліматичні зміни, агротехнічні та економічні чинники, продуктивність сільськогосподарських культур, канонічний аналіз, Чернігівська область.

FEATURES OF ASSESSING THE IMPACT OF CLIMATIC FACTORS ON AGRICULTURAL CROP YIELDS: CASE OF CHERNIHIV REGION

M. O. Baranovskyi, O. V. Baranovska

Climate change is a significant factor affecting the productivity of agricultural crops. Objective assessment of this impact is a difficult task; it is important for food security and effective use of the region's agricultural potential. This has prompted a study to identify the actual influence of climatic trends on the productivity of agricultural crops in Chernihiv region. The study was based on indicators of yield dynamics of five agricultural crops, two climatic and five agrotechnical and economic indicators of Chernihiv region over 2001–2020. This period was characterized by significant changes in climatic characteristics, and its duration is sufficient for objective scientific analysis. The influence of the climatic factor on the variation in crops productivity was evaluated using canonical analysis. Its results indicate that the contribution of the climatic factor to the fluctuation of the yield of the main agricultural crops of Chernihiv region is 30%. Among the climatic characteristics, the thermal regime had a greater impact on yield, especially during 2011–2020. It turned out that almost 70% of the variation in yields of five agricultural crops in the region is determined by agrotechnical and economic factors.

This indicates that the contribution of climatic factors may be overestimated when the role of other factors is ignored. At the same time, the obtained results do not refute the established statement about the growing influence of climate trends on the productivity of agricultural crops. In Chernihiv region, this has manifested in the spatial expansion of a number of liquid agricultural crops to the north of the region and in a significant increase in the gross harvest of these crops. The climate change in 2001–2020 has strengthened the natural competitive advantages of Chernihiv region in the market of agricultural producers. The assessment of the climatic factors impact on the crop yields in the region, first conducted using canonical analysis, may become basis to revise the agricultural system for a more effective utilization of the agrarian potential of Chernihiv region.

Key words: climate change, agrotechnical and economic factors, productivity of agricultural crops, canonical analysis, Chernihiv region.

Вступ

Проблема оцінки впливу різних чинників на урожайність сільськогосподарських культур є актуальною впродовж багатьох років. В останні десятиріччя різко зросла кількість наукових досліджень з оцінки впливу кліматичних чинників на аграрне виробництво, продуктивність сільськогосподарських культур. Це загальносвітовий тренд, адже проблема кліматичних змін та їхніх ймовірних наслідків є глобальним викликом для людства (Hansen et al., 2023).

Перші роботи з оцінки впливу кліматичних чинників на продуктивність сільськогосподарських культур з'явилися ще в 70-х роках минулого століття. Вони збурили інтерес до цієї тематики та стимулювати урізноманітнення інструментарію наукового пошуку. Результати наукових досліджень, які проведені в різних країнах (Грицюк і Бачишина, 2016; Kukal et al., 2018; Балабух, 2019; Guntukuka et al., 2020; Wu et al., 2021) і для різних сільськогосподарських культур

(Кривошеїн та ін., 2016; Балабух, 2017; Wang et al., 2018; Польовий та ін., 2022), дають підстави для кількох узагальнень. По-перше, дія кліматичних чинників на продуктивність сільськогосподарських культур має помітні регіональні відмінності. По-друге, однакові тренди кліматичних характеристик зумовлюють різні наслідки для різнотипних сільськогосподарських культур. По-третє, кліматичні зміни мають як позитивний, так і негативний вплив на продуктивність сільськогосподарських культур. По-четверте, зміни термічного чинника та режиму зволоження по-різному впливають на урожайність і валові збори окремих культур.

Важливим аспектом дослідження впливу кліматичних змін на розвиток аграрного виробництва є методика оцінки цього впливу. Палітра методів, які використовуються у науковій практиці для розв'язання зазначеного питання, є досить широкою. Це класична (Kukal et al., 2018) та ускладнена (з часовим зважуванням) (Yang, 2022)

регресія, кореляція та нелінійна регресія (Konduri et al., 2020; Грицюк та ін., 2022), динамічна модель продуктивності посівів (Польовий та ін., 2021), кліматичний потенціал (Кривошеїн та ін., 2016), модель узагальнених найменших квадратів (Wu et al., 2021), модель «випадкових лісів» (Мюллер та ін., 2016). Чутливість урожайності до кліматичних і погодних змін на конкретній дослідній ділянці в Німеччині оцінювалася також шляхом використання ковзного середнього АРКС часових рядів, залишків від тренду та множинної регресії (Hail et al., 2020).

Немає сумнівів у тому, що кліматичні зміни реально впливають і надалі впливатимуть на продуктивність сільськогосподарських культур, на їхнє просторове поширення (Семенова і Польовий, 2020). Однак не можна ігнорувати дію економічних та агротехнічних заходів, зокрема внесення мінеральних добрив, використання сучасних агротехнологій, засобів захисту рослин чи стимуляторів їхнього росту. Зростання продуктивності сільськогосподарських культур зумовлене як кліматичними характеристиками, так і агроекономічними чинниками й почасти «... проблемно встановити розміри часток усіх складників, які зумовляють стрімке зростання врожайності» (Польовий та ін., 2019). У дослідженнях з оцінки впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур цим аспектам не приділяється належна увага. Винятком є підхід, розроблений фахівцями з агрометеорології ще наприкінці ХХ ст. і частково використаний у дослідженні науковців Інституту водних проблем і меліорації НААН України (Ромашенко та ін., 2020). За цим підходом, оцінка внеску кліматичного та агротехнічного складників у динаміку врожайності здійснюється шляхом обчислення двох видів дисперсії. При визначенні загальної дисперсії використовуються показники врожайності конкретного року та пересічної багаторічної для регіону, агротехнічної – показники трендової та пересічної багаторічної врожайності. Внесок кліматичного чинника визначається як різниця між загальною та агротехнічною дисперсією. Можна окреслити щонайменше два недоліки цього підходу: по-перше, оцінка внеску кліматичного чинника базується на припущенні, що відхилення урожайності конкретного року від тренду зумовлене лише погодними умовами, по-друге, оцінка впливу кліматичного та агротехнічного чинників здійснюється без залучення показни-

ків, які їх презентують. Прикладом часткового врахування агротехнічних заходів є підхід, коли вплив кліматичних чинників на врожайність оцінюється з урахуванням рівня внесених добрив (Heil et al., 2020).

За таких умов закономірними є кілька запитань. Як максимально об'єктивно оцінити вплив різних груп чинників на продуктивність сільськогосподарських культур? Які методи є найбільш релевантними для розв'язання цієї проблеми? Наскільки достовірними є результати використання економетричних методів при дослідженні природних процесів і видів людської діяльності? З-поміж методів, які дозволяють дати відповідь на поставлені запитання, слід відзначити канонічний аналіз. Він належить до набору класичних методів економетрики, який дозволяє виявити залежність між двома наборами (групами) показників. Цей метод досі не використовували для розв'язання окреслених вище завдань.

Головним завданням цього дослідження є оцінка впливу кліматичних чинників на варіацію продуктивності сільськогосподарських культур методом канонічного аналізу. Авторами вперше використано цей інструмент економетрики для визначення внеску кліматичних та агротехнічно-економічних чинників у динаміку врожайності сільськогосподарських культур у межах Чернігівської області.

Матеріал і методи

Територією для оцінки впливу різних чинників на продуктивність сільськогосподарських культур було обрано Чернігівську область. Область цікава тим, що вона розміщується відразу у двох природних зонах, характеризується позитивною динамікою урожайності основних сільськогосподарських культур і в останні роки стала лідером в Україні за виробництвом зернових.

Інформаційну основу дослідження склали статистичні дані Головного управління статистики у Чернігівській області, а також Чернігівського обласного центру з гідрометеорології. Для аналізу ми відібрали показники урожайності п'яти сільськогосподарських культур, які вирощувалися у Чернігівській області упродовж 2001–2020 років – пшениці, кукурудзи, проса, картоплі та соняшнику.

Кліматичні характеристики були представлені пересічними показниками температури повітря й кількості опадів упродовж періоду вегетації (квітень-вересень) за аналогічний період. Зміни температури пові-

тря і кількості опадів у період вегетації були й лишаються важливими чинниками флуктуації врожайності сільськогосподарських культур. Двадцятирічний період є достатньо тривалим для виявлення трендів урожайності сільськогосподарських культур і головних кліматичних параметрів – температури та зволоження.

Агротехнічно-економічні чинники презентували показники внесених мінеральних та органічних добрив, кількості сільськогосподарської техніки та рентабельності вирощування зазначених сільськогосподарських культур. Специфіка впливу цих показників, особливо сільськогосподарської техніки, не є лінійною. Логічним видається твердження, що належна забезпеченість аграрних виробників сільськогосподарською технікою створює сприятливі умови для своєчасного та якісного обробітку ґрунту, проведення польових робіт, збору збіжжя тощо. Для досягнення максимальної об'єктивності дослідження показники внесених добрив визначалися на 100 га сільськогосподарських угідь.

Оцінка впливу кліматичних та агротехнічно-економічних чинників на продуктивність сільськогосподарських культур у Чернігівській області проведена шляхом використання канонічного аналізу. З-поміж низки економічних методів він лишається найбільш недооціненим для розв'язання таких завдань. Із сукупності зазначених вище показників було сформовано кілька множин змінних. Парами змінних при цьому виступали показники врожайності зернових культур та кліматичні параметри; показники врожайності зернових культур та агротехнічні й економічні показники. Дві інші пари показників сформували кліматичні, агротехнічно-економічні показники та врожайність картоплі й соняшнику. Для позначення показників продуктивності сільськогосподарських культур використовувалися такі символи: Y_1 – урожайність

пшениці (ц/га); Y_2 – кукурудзи; Y_3 – проса; Y_4 – соняшнику; Y_5 – картоплі. Подібні символи були введені для позначення кліматичних характеристик (X_1 – температура повітря (°C) у період вегетації; X_2 – кількість опадів упродовж квітня-вересня відповідного року (мм)) та агротехнічно-економічних чинників (X_3 – кількість внесених мінеральних добрив на 1 га, кг; X_4 – кількість внесених органічних добрив на 1 га, кг; X_5 – кількість тракторів, од.; X_6 – рентабельність вирощування зернових культур, %; X_7 – рентабельність вирощування соняшнику, %).

Канонічний аналіз включав кілька ітерацій і виконувався в програмі STATISTICA 10.1 (Мамчич та ін., 2006): 1) формування пар груп залежних змінних і чинників впливу; 2) оцінку величини канонічної кореляції між групами показників; 3) перевірку статистичної значущості; 4) виявлення внутрішніх латентних властивостей канонічних змінних, їхню кількісну оцінку; 5) трактування результатів та практичні рекомендації щодо використання. Головними індикаторами оцінки впливу різних чинників на врожайність сільськогосподарських культур є загальна збитковість лівої та правої множин. Чим ближчою до 100% є ця збитковість, тим вищою є залежність урожайності чи то від кліматичних, чи то від агротехнічно-економічних чинників. Додатково оцінювалися канонічна кореляція та кореляція між показниками різних груп (залежні змінні та чинники).

Результати

Оцінка впливу різних чинників на продуктивність сільськогосподарських культур потребує хоча б короткого огляду «учасників» цього процесу.

Головні агрокліматичні показники – температура повітря й кількість опадів в Чернігівській області за 2001–2020 роки зазнали помітних змін (табл. 1). Пересічна температура повітря за період вегетації впродовж 2011–2020 роки зросла проти аналогіч-

Таблиця 1
Динаміка температури та кількості опадів у період вегетації в Чернігівській області

| Місяці | Пересічна температура, °C | | | Кількість опадів, мм | | |
|----------|---------------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
| | 1944–2019 роки | 2001–2010 роки | 2011–2020 роки | 1944–2019 роки | 2001–2010 роки | 2011–2020 роки |
| Квітень | 8,1 | 8,6 | 9,7 | 41,0 | 36,3 | 34,2 |
| Травень | 14,6 | 14,5 | 16,4 | 53,0 | 57,4 | 61,0 |
| Червень | 18,1 | 18,0 | 19,6 | 71,0 | 63,8 | 59,4 |
| Липень | 19,5 | 21,2 | 20,8 | 80,0 | 67,8 | 75,1 |
| Серпень | 18,4 | 19,7 | 20,0 | 62,0 | 62,4 | 44,7 |
| Вересень | 13,0 | 13,6 | 14,3 | 50,0 | 55,4 | 43,0 |

Складено авторами за дж. (Департамент ..., 2023)

ного показника за 1944–2019 роки на 1,5 °С, а кількість опадів скоротилася на 6,6 мм (11%). Це збільшило суму активних температур і тривалість вегетаційного періоду в регіоні. Зазначені кліматичні зміни зумовили просторову експансію на територію області відносно теплолюбних культур і зростання їхньої продуктивності.

Позитивна динаміка врожайності спостерігалася не лише в лісостеповій, а і в поліській частині Чернігівської області, де гірші природні передумови для розвитку аграрного виробництва. Загалом за 2001–2020 роки врожайність пшениці зросла у 2,6 раза, кукурудзи – в 1,9 раза, соняшнику – у 4,3 раза (табл. 2). Натомість продуктивність картоплі змінилася несуттєво, оскільки кліматичні зміни останнього десятиліття мають більше негативний, ніж позитивний вплив на її вирощування.

Третій «учасник» дослідження – агротехнічно-економічний чинник – характеризується різновекторною динамікою показників. Так, за 2001–2020 роки кількість внесених мінеральних добрив на 100 га сільськогосподарських угідь збільшилася в області у 9,3 раза. Щодо органічних добрив і сільськогосподарської техніки (тракторів), то їхні показники мають протилежну динаміку. До прикладу, кількість тракторів в агрогосподарствах області з 2001 до 2020 року скоротилася більш як удвічі. Можна передбачити, що ситуація із сільськогосподарською технікою суттєво не вплинула на проведення польових робіт, оскільки стара техніка замінюється новою, більш продуктивною.

Рентабельність вирощування сільськогосподарських культур має два контексти. З одного боку, її величина є результатом складного, інколи ситуативного поєднання природних, економічних, ринкових, цінових складників. З іншого боку, висока рентабельність окремих сільськогосподарських культур є стимулом для збільшення інвестицій у них і до зростання посівних площ під цими культурами.

Оцінка впливу кліматичних параметрів проводилася окремо для зернових (пшениця, кукурудза та просо), технічних культур (соняшник) та картоплі. Залежними змінними в першому випадку були показники врожайності трьох зернових культур, чинниками впливу – пересічні температури повітря й кількості опадів за період вегетації. В другому випадку до аналізу залучалися показники врожайності соняшнику й картоплі та вже згадані кліматичні характеристики.

Результати канонічного аналізу вказують на те, що варіація врожайності трьох зернових культур у Чернігівській області не мала суттєвої залежності від кліматичних чинників (табл. 3). Загальний збиток першої групи становив 29,49%, другої – майже 24%. Це означає, що варіація урожайності пшениці, кукурудзи та проса в Чернігівській області визначалася кліматичними чинниками орієнтовно на 30%. Водночас урожайність цих трьох зернових культур детермінувала 24% варіації кліматичних характеристик. Незначну залежність між урожайністю зернових і кліматичними характеристиками підтвердили коефіцієнти канонічної та внутрішньої кореляції. До прикладу, коефіцієнт канонічної кореляції становив лише $R=0,59021$.

Таблиця 2

Динаміка врожайності окремих сільськогосподарських культур у Чернігівській області, ц/га

| Роки | Пшениця | Кукурудза | Просо | Соняшник | Картопля | Роки | Пшениця | Кукурудза | Просо | Соняшник | Картопля |
|------|---------|-----------|-------|----------|----------|------|---------|-----------|-------|----------|----------|
| 2001 | 18,7 | 40,3 | 8,7 | 6,7 | 148,8 | 2011 | 27,2 | 64,9 | 18,5 | 18,3 | 207,0 |
| 2002 | 23,9 | 45,4 | 8,9 | 8,3 | 145,6 | 2012 | 36,8 | 62,0 | 13,0 | 20,3 | 194,0 |
| 2003 | 14,6 | 46,1 | 10,2 | 9,2 | 148,0 | 2013 | 37,3 | 63,8 | 12,3 | 21,7 | 189,0 |
| 2004 | 32,2 | 51,1 | 9,0 | 8,2 | 155,0 | 2014 | 45,6 | 72,0 | 16,9 | 22,6 | 193,0 |
| 2005 | 26,5 | 52,8 | 10,9 | 11,2 | 132,0 | 2015 | 38,1 | 69,0 | 17,8 | 24,7 | 189,1 |
| 2006 | 22,6 | 46,7 | 7,9 | 11,4 | 166,0 | 2016 | 42,3 | 79,0 | 16,3 | 25,9 | 151,0 |
| 2007 | 31,5 | 51,2 | 10,1 | 15,0 | 185,0 | 2017 | 46,9 | 75,3 | 15,8 | 24,2 | 186,0 |
| 2008 | 34,4 | 45,7 | 11,6 | 16,3 | 179,0 | 2018 | 41,3 | 94,0 | 15,2 | 28,4 | 189,9 |
| 2009 | 34,6 | 51,6 | 13,1 | 15,8 | 185,0 | 2019 | 46,3 | 79,5 | 16,4 | 29,9 | 160,7 |
| 2010 | 22,6 | 39,7 | 10,6 | 15,7 | 141,1 | 2020 | 50,3 | 77,4 | 21,2 | 28,9 | 168,0 |

Складено авторами за дж. (Сільське ..., 2021)

Далі ми розбили часовий період на дві частини (2001–2010 та 2011–2020 роки) та знову провели канонічний аналіз. Такий підхід виявився ефективним, оскільки дозволив виявити більш суттєві залежності. Так, коефіцієнт канонічної кореляції між показниками врожайності та кліматичними чинниками у 2011–2020 роках становив уже $R=0,964$, а загальний збиток зріс до майже 65%. Отримані результати дали підстави сформулювати два висновки: 1) вплив кліматичних чинників на урожайність зернових культур у Чернігівській області у 2011–2020 роках був значно більшим, ніж у 2001–2010 роках; 2) визначальний вплив на варіацію урожайності пшениці, кукурудзи та проса в регіоні мала температура повітря, а не кількість опадів.

Вплив кліматичних чинників на динаміку врожайності соняшнику та картоплі також виявився помітно меншим, ніж очікувалося. Загальний збиток для змінних першої групи (ліва множина) склав 23,38%, отже варіація врожайності соняшнику та картоплі детермінується кліматичними показниками X_1 – X_2 лише на зазначену величину (див. табл. 3). Це також означає, що майже 75% дисперсії змінних Y_4 – Y_5 залежить від інших чинників. Показники кореляції всередині та між групами, які є одними із результатів канонічного аналізу, вказують на вищу залежність продуктивності соняшнику та картоплі від температури повітря. Канонічні змінні для цього показника мали такий вигляд: $Z_y = -1,11447Y_1 + 0,32836Y_2$ та $Z_x = -0,729849X_1 + 0,534407X_2$. Підставивши у зазначені рівняння стандартизовані показники урожайності та кліматичних характеристик можна отримати їхні кіль-

кісні оцінки для регіону чи його окремих територій.

Друга частина дослідження включала оцінку впливу агротехнічно-економічних чинників на продуктивність зернових культур, соняшнику та картоплі. Агротехнічно-економічні чинники презентували п'ять показників (X_3 – X_7). Три з них – кількість внесених мінеральних, органічних добрив і кількість тракторів використовувалися в канонічному аналізі для обох груп сільськогосподарських культур, два інші – (X_6) та (X_7) – відповідно для зернових культур, соняшнику та картоплі.

Як свідчать результати канонічного аналізу, вплив агротехнічно-економічних чинників на варіацію продуктивності сільськогосподарських культур у Чернігівській області виявився значно вищим, ніж кліматичних. Підтвердженням цього є величини коефіцієнтів канонічної кореляції (R), коефіцієнтів кореляції між окремими показниками залежних змінних і чинників впливу, а також величини загальної збитковості (табл. 4).

Величина загальної збитковості лівої множини для показників Y_1 – Y_3 (зернові культури) вказує на те, що варіація їхньої врожайності на 78,26% визначалася агротехнічно-економічними чинниками. При цьому врожайність цих культур детермінують 47,4% (права множина) варіації агротехнічно-економічних показників. З-поміж останніх найвагоміший вплив на врожайність зернових культур мають показники кількості внесених мінеральних добрив на 100 га сільськогосподарських угідь і кількість тракторів. Кореляційна залежність між врожайністю пшениці та кількістю мінеральних добрив становила 0,826, проса та мінеральних добрив – 0,893. Високою є також кореля-

Таблиця 3

Результати канонічного аналізу з оцінки впливу кліматичних параметрів на урожайність сільськогосподарських культур

| N=20 | Результати канонічного аналізу Каноніч. R:0,59021 $X_{\text{н}}^2(6)=8,0281$ p=0,23609 | | N=20 | Результати канонічного аналізу Каноніч. R:0,69760 $X_{\text{н}}^2(4)=11,022$ p=0,002634 | |
|----------------------|---|---------------|----------------------|--|---------------|
| | Ліва множина | Права множина | | Ліва множина | Права множина |
| Кількість змінних | 3 | 2 | Кількість змінних | 2 | 2 |
| Вилучена дисперсія | 90,23% | 100,00% | Вилучена дисперсія | 100,00% | 100,00% |
| Загальна збитковість | 29,49% | 23,97% | Загальна збитковість | 23,38% | 29,88% |
| Змінні: 1 | Y_1 | X_1 | Змінні: 1 | Y_4 | X_1 |
| 2 | Y_2 | X_2 | 2 | Y_5 | X_2 |
| 3 | Y_3 | | | | |

Складено авторами

Таблиця 4

Результати канонічного аналізу з оцінки впливу агротехнічно-економічних чинників на урожайність сільськогосподарських культур

| N=20 | Результати канонічного аналізу Каноніч. R:0,942 $\chi^2(12)=36,478$ p=0,00027 | | N=20 | Результати канонічного аналізу Каноніч. R:0,986 $\chi^2(8)=60,849$ p=0,000000 | |
|----------------------|--|---------------|----------------------|--|---------------|
| | Ліва множина | Права множина | | Ліва множина | Права множина |
| Кількість змінних | 3 | 4 | Кількість змінних | 2 | 4 |
| Видучена дисперсія | 100,00 % | 78,96 % | Видучена дисперсія | 100,00 % | 57,02 % |
| Загальна збитковість | 78,26 % | 47,40 % | Загальна збитковість | 69,13 % | 50,38 % |
| Змінні: 1 | Y_1 | X_1 | Змінні: 1 | Y_4 | X_1 |
| 2 | Y_2 | X_2 | 2 | Y_5 | X_2 |
| 3 | Y_3 | X_3 | 3 | | X_3 |
| 4 | | X_4 | 4 | | X_4 |

Складено авторами

ційна залежність між урожайністю зернових і кількістю тракторів, хоч вона й обернена ($r=-0,781\dots-0,804$). Водночас вплив рентабельності вирощування зернових культур на варіацію їхньої врожайності в Чернігівській області незначний.

Варіація врожайності соняшнику та картоплі (показники Y_4 - Y_5) визначається агротехнічно-економічними чинниками майже на 70% (див. табл. 4). Канонічна модель має високу точність побудови, оскільки орієнтовно 30% дисперсії змінних Y_4 - Y_5 залежать від інших, не врахованих в аналізі чинників. Загальні тренди впливу агротехнічно-економічних чинників на продуктивність соняшнику та картоплі подібні до їхньої дії на зернові культури. Найбільший вплив на врожайність соняшнику мають показники кількості внесених мінеральних добрив ($r=0,968$) і кількості тракторів ($r=-0,916$). Водночас урожайність картоплі менше залежить від цих та інших агротехнічно-економічних показників.

Обговорення

Проведений на матеріалах Чернігівської області аналіз показав, що сила й напрямок впливу кліматичних чинників на продуктивність сільськогосподарських культур є неоднозначними та різновекторними. Результати дослідження вказують на те, що внесок кліматичного чинника може штучно завищуватися, якщо науковці при вивченні цього питання ігнорують дію інших складників. Навіть у дуже рейтингових роботах, які спираються на величезну первинну статистику (Мюллер та ін., 2016), вплив некліматичних чинників не враховувався.

Слід також зазначити, що використовуючи різні методи, можна отримати якщо не

діаметрально протилежні, то принаймні суперечливі результати щодо внеску кліматичного чинника у флуктуацію урожайності сільськогосподарських культур. Так, результати цього дослідження помітно відрізняються від тих, які були отримані автором статті шляхом використання іншої методики (Барановський і Глушко, 2023).

Немає сумнівів у тому, що кліматичні тренди впливають і будуть впливати на аграрне виробництво. Результати цього дослідження не спростовують зазначене твердження, хоча свідчать про помітно менший (майже 30%), ніж очікувалося, внесок кліматичного складника в продуктивність сільськогосподарських культур у Чернігівській області. Вочевидь у цьому регіоні вплив кліматичного чинника проявився не в урожайності аграрних культур, а в формуванні належних природних передумов для їхнього вирощування. Багаторазове зростання в Чернігівській області посівних площ і валових зборів кукурудзи, проса, соняшнику, просторове поширення цих культур у поліську частину регіону зумовлене саме кліматичними змінами.

Перспективи подальших досліджень: подальші кліматичні зміни – невідворотна реальність. Потрібні поглиблені дослідження в цій царині. Вони мають спиратися на широку статистичну базу, використовувати сучасні методи наукового пошуку, що дозволить адаптувати сільськогосподарське виробництво до реалій сьогодення, підвищити ефективність використання аграрного потенціалу регіону.

Висновки

Встановлено, що варіація врожайності основних зернових культур, соняш-

нику та картоплі в Чернігівській області у 2001–2020 роках детермінувалася кліматичними трендами орієнтовно на 30%. Натомість внесок агротехнічно-економічних чинників у цей же період сягав 70%. Стрімке зростання урожайності кукурудзи, соняшнику та частково пшениці в Чернігівській області відбулося переважно завдяки внесенню мінеральних добрив та якісним і своєчасним агротехнічним роботам. Результати дослідження достовірні для цього регіону, проте з певною обачністю їх можна інтерполювати й на інші області Українського Полісся.

Отримані на основі використання канонічного аналізу результати не суперечать устааленим твердженням про все зростаючий вплив кліматичних трендів на продуктивність сільськогосподарських культур. Підтверджено, що Чернігівщина – регіон, де кліматичні зміни мали позитивний вплив на розвиток аграрного виробництва і сприяли просторовій експансії низки ліквідних сільськогосподарських культур на північ регіону. Така ситуація потребує перегляду традиційних систем землеробства та врахування їх у стратегії розвитку аграрної сфери Чернігівської області.

Список використаної літератури

- Балабух В.О. Вплив зміни клімату на формування урожайності кукурудзи в агрокліматичних зонах України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. №3 (54). С. 103–104.
- Балабух В.О., Однолеток А.П., Кривошеїн О.О. Вплив зміни клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у період вегетаційного циклу. *Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія*. 2017. №3 (46). С. 72–85.
- Барановський М.О., Глушко Д.О. Територіальна трансформація в сільському господарстві Чернігівської області в умовах кліматичних змін: кейс кукурудзи та соняшнику. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2023. №58. С. 134–142. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-11>.
- Грицюк П.М., Бачишина А.Д. Вплив зміни кліматичних умов на динаміку врожайності зернових в Україні. *Економіка України*. 2016. №6 (655). С. 68–75.
- Грицюк П.М., Бабиш Т.Ю., Красько Б.В. Класифікаційні методи прогнозування врожайності. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*, 2022. №3 (309). С. 209–216. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-309-3-209-216>.
- Департамент агропромислового розвитку Чернігівської обласної державної адміністрації [Електронний ресурс]. URL: <https://apk.cg.gov.ua/index.php?id=384735&tp=0> (дата звернення 22.05.2023)
- Кривошеїн О.О., Однолеток А.П., Дзюба А.П. Оцінка погодних умов та організаційно-технологічних заходів на урожайність озимої пшениці за кліматичним потенціалом. *Наукові праці УкрНДІГМІ*. 2016. №269. С. 151–158.
- Мамчич Т.І., Оленко А.Я., Осипчук М.М., Шпортюк В.Г. Статистичний аналіз даних з пакетом Statistica. Навчально-методичний посібник. Дрогобич: ВФ «Відродження», 2006. 208 с.
- Мюллер Д., Юнгандреас А., Кох Ф., Шірхорн Ф. Вплив кліматичних змін на виробництво пшениці в Україні. Київ, 2016. [Електронний ресурс]. https://apd-ukraine.de/images/2016/02-2016/APD_APR_02-2016_impact_on_wheat_ukr_fin.pdf (дата звернення 11.06.2023)
- Польовий А.М., Божко А.Ю., Барсукова О.А. Агрокліматичні аспекти продуктивності соняшника Одещини в умовах потепління клімату. *Екологічні науки*, 2022. №5 (44). С. 249–254. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.38>.
- Польовий А.М., Костюкевич Т.К., Толмачова А.В., Жигайло О.Л. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в західному Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. №1. С. 29–36. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-4](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)-4).
- Польовий В.М., Лукашук А.Я., Лук'яник М.М. Вплив змін клімату на розвиток рослинництва в умовах Західного регіону. *Вісник аграрної науки*. 2019. №9 (798). С. 29–34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-04>.
- Ромащенко М.І., Гусев Ю.В., Шатковський А.П., Сайдак Р.В., Яцюк М.В., Шевчук А.М., Матяш Т.В. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. №1. С. 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>.
- Семенова І.Г., Польовий А.М. Прогностичний розподіл посух теплого сезону по території України в 2021–2050 рр. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: «Геологія. Географія. Екологія»*. 2020. №53. С. 169–179. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-13>.

Сільське господарство Чернігівщини за 2000–2020 роки. Статистичний збірник. Чернігів, 2021. 89 с.

Guntukuka R. Assessing the impact of climate change on Indian agriculture: Evidence from major crop yields. *Journal of Public Affairs*, 2020. <https://doi.org/10.1002/pa.2040>.

Hail K., Lehner A. & Schmidhalter U. Influence of climate conditions on the temporal development of wheat yields in a long-term experiment in an area with pleistocene loess" *Climate* 8, 2020. №. 9: 100. <https://doi.org/10.3390/cli8090100>.

Hansen J.E., Makito Sato M., Simons L., Nazarenko L., Sangha I., Kharecha P., Zachos J., Schuckmann K., Loeb N.G., Osman M.B., Jin Q., Tselioudis G., Jeong E., Lacic A., Russell R., Cao J. & li J. Global warming in the pipeline. *Oxford Open Climate Change*, 2023, Vol. 3. № 1. P. 1–17. <https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008>.

Kukul M.S. & Irmak S. Climate-Driven Crop Yield and Yield Variability and Climate Change Impacts on the U.S. Great plains agricultural production. *Biological systems engineering: papers and publications*. 2018. 524. [Electronic resource] URL;<https://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/524> (access date 20.05.2023).

Konduri V.S., Vandal N.J., Ganguly S. & Auroop R. Data Science for weather impacts on crop yield. *Front. Sustain. Food Syst.* 2020. Vol. 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00052/>

Wang J., Vanla S.K., Saxena R., Orsard V. & Raghavan V. Effect of Climate Change on the Yield of Cereal Crops: A Review. *Climate*, 2018. Vol. 6. № 2. 41 p. <https://doi.org/10.3390/cli6020041>.

Wu J.-Z., Zhang J., Zhang-ming G., Li-wei X., Shu-qing H., Chen S., Kong F. Impact of climate change on maize yield in China from 1979 to 2016. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021. Vol. 20. № 1. P. 289–299. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63244-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63244-0).

Yang B., Wu S. & Yan Z. Effects of Climate Change on Corn Yields: Spatiotemporal Evidence from Geographically and Temporally Weighted Regression Model. *International journal of Geo-information*. 2022. № 11 (8). 433. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080433>.

References (translated & transliterated)

Balabukh, V.O. (2019). Vplyv zmin klimatu na formuvannya urozhaynosti kukurudzy v ahroklimatychnykh zonakh Ukrainy [The impact of climate change on the formation of corn productivity in the agro-climatic zones of Ukraine]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology]*, 3 (54), 103–104 [in Ukrainian].

Balabuh, V.O., Odnoletok, L.P., & Kryvoshein, O.O. (2017). Vplyv zmin klimatu na produktyvnist ozymoyi pshenytsi v Ukraini v period vehetatsiynoho tsykladu [Climate change impacts on the winter wheat productivity in Ukraine during vegetation cycle]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology]*, 3 (46), 72–85 [in Ukrainian].

Baranovskiy, M.O., & Hlushko, D.O. (2023). Terytorialna transformatsiia v silskomu hospodarstvi Chernihivskoi oblasti v umovakh klimatychnykh zmin: keis kukurudzy ta soniashnyku [Territorial transformations in agriculture of Chernihiv region in the context of climate change: the case of corn and sunflower]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriiia «Heolohiiia. Heohrafiia. Ekolohiiia» [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»]*, 58, 134–142. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-11> [in Ukrainian].

Hrytsiuk, P.M., & Bachyshyna, L.D. (2016). Vplyv zminy klimatychnykh umov na dynamiku vrozhaynosti zernovykh v Ukraini [Fluence of a change in climatic conditions on the dynamics of the crop yield of cereals in Ukraine]. *Ekonomika Ukrainy [Economy of Ukraine]*, 6 (655), 68–75 [in Ukrainian].

Hrytsiuk, P.M., Babych, T.Iu., & Krasko, B.V. (2022). Klasyfikatsiini metody prohnozuvannia vrozhaynosti [Classification methods of the yield forecastin]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriiia: «Tekhnichni nauky» [Herald of Khmelnytskyi National University. Series: «Technical sciences»]*, 3 (309), 209–216. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-309-3-209-216> [in Ukrainian].

Departament ahropromysloвого rozvytku Chernihivskoi oblasnoi derzhavnoi administratsii [Department of Agro-Industrial Development of the Chernihiv Regional State Administration]. [Electronic resource] URL: <https://apk.cg.gov.ua/index.php?id=384735&tp=0> (access date 22.05.2023) [in Ukrainian].

Kryvoshein, O.O., Odnolietok, L.P., & Dziuba, L.P. (2016). Otsinka pohodnykh umov ta orhanyzatsiino-tekhnolohichnykh zakhodiv na urozhaynist ozymoi pshenytsi za klimatychnym potentsialom [Impact evaluation of weather conditions and farming practices in crop yield of winter wheat through its climatic potential]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI [Scientific works of the Ukrainian hydrometeorological institute]*, 269, 151–158 [in Ukrainian].

Mamchych, T.I., Olenko, A.Ia., Osypchuk, M.M., & Shportiuk, V.H. (2006). Statystychnyi analiz danykh z paketom Statistica. Navchalno-metodychnyi posibnyk [Statistical data analysis with the Statistitsa package. Educational and methodological manual]. Drohobych: P.C. «Vidrozhennia» [in Ukrainian].

Miuller, D., Yunhandreas, A., Kokh, F., & Shirhorn, F. (2016). Vplyv klimatychnykh zmin na vyrobnytstvo pshenytsi v Ukraini [Impact of climate change of wheat production in Ukraine]. [Electronic resource] URL: https://apd-ukraine.de/images/2016/02-2016/APD_APR_02-2016_impact_on_wheat_ukr_fin.pdf (access date 11.06.2023) [in Ukrainian].

Polovyi, A.M., Bozhko, L.Iu., & Barsukova, O.A. (2022). Ahroklimatychni aspekty produktyvnosti soniashnyka Odeshchyny v umovakh poteplynnia klimatu [Agroclimatic aspects of sunflower productivity in Odesa region in conditions of climate warming. *Ekolohichni nauky [Ecological sciences]*, 5 (44), 249–254. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.38> [in Ukrainian].

Polovyi, A.M., Kostiukevych, T.K., Tolmachova, A.V., & Zhyhailo, O.L. (2021). Vplyv klimatychnykh zmin na formuvannya produktyvnosti kukurudzy v zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [The impact of climatic changes on forming the corn productivity in the western forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia [Ukrainian Black Sea region agrarian science]*, 1, 29–36. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-4](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)-4) [in Ukrainian].

Polovyi, V.M., Lukashchuk, L.Ia., & Lukianyk, M.M. (2019). Vplyv zmin klimatu na rozvytok roslynnytstva v umovakh Zakhidnoho rehionu [Influence of climate fluctuations on development of plant growing in conditions of Western region]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*, 9 (798), 29–34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201909-04> [in Ukrainian].

Romashchenko, M.I., Husiev, Yu.V., Shatkovskiy, A.P., Saidak, R.V., Yatsiuk, M.V., Shevchuk, A.M., & Matiash, T.V. (2020). Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo [Impact of climate change on water resources and agricultural production]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo [Land reclamation and water management]*, 1, 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> [in Ukrainian].

Semenova, I.H., & Polovyi, A.M. (2020). Prohnostychnyi rozpodil posukh teploho sezonu po terytorii Ukrainy v 2021-2050 rr. [Project ed distribution of the warm season droughts over the territory of Ukraine in 2021-2050]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriia: «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia» [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv national university, series «Geology. Geography. Ecology»]*, 53, 169–179. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-13> [in Ukrainian].

Silske hospodarstvo Chernihivshchyny za 2000–2020 roky (2021). [Agriculture of Chernihiv region for 2000–2020]. Statistical publication [in Ukrainian].

Guntukuka, R. (2020). Assessing the impact of climate change on Indian agriculture: evidence from major crop yields. *Journal of Public Affairs* <https://doi.org/10.1002/pa.2040> [in English].

Hail, K., Lehner, A., & Schmidhalter, U. (2020). Influence of climate conditions on the temporal development of wheat yields in a long-term experiment in an area with pleistocene loess. *Climate* 8, 9: 100 <https://doi.org/10.3390/cli8090100> [in English].

Hansen, J.E., Makito, S.M., Simons, L., Nazarenko, L., Sangha, I., Kharecha, P., Zachos, J., Schuckmann, K., Loeb, N.G., Osman, M.B., Jin, Q., Tselioudis, G., Jeong, E., Laci, A., Russell, R., Cao, J., & Li, J. (2023). Global warming in the pipeline. *Oxford Open Climate Change*, 3 (1), 1–17. <https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008> [in English].

Kukal, M.S., & Irmak, S. (2018). Climate-Driven Crop Yield and Yield Variability and Climate Change Impacts on the U.S. Great plains agricultural production. *Biological systems engineering: papers and publications*, 524. [Electronic resource] URL: <https://digitalcommons.unl.edu/biosy-sengfacpub/524> (access date 20.05.2023) [in English].

Konduri, V.S., Vandal, N.J., Ganguly, S., & Auroop, R. (2020). Data Science for weather impacts on crop yield. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00052/> [in English].

Wang, J., Vanla, S.K., Saxena, R., Orsadi, V., & Raghavan, V. (2018). Effect of Climate Change on the Yield of Cereal Crops: A Review. *Climate*, 6 (2), 41. <https://doi.org/10.3390/cli6020041> [in English].

Wu, J.-Z., Zhang, J., Zhang-ming, G., Li-wei, X., Shu-qing, H., Chen, S., & Kong, F. (2021). Impact of climate change on maize yield in China from 1979 to 2016. *Journal of Integrative Agriculture*, 20 (1), 289–299. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63244-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63244-0) [in English].

Yang, B., Wu, S., & Yan, Z. (2022). Effects of Climate Change on Corn Yields: Spatiotemporal Evidence from Geographically and Temporally Weighted Regression Model. *International journal of Geo-information*, 11 (8), 433. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080433> [in English].

Отримано: 06.11.2023
Прийнято: 30.11.2023