

ВПЛИВ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

КУДРЯ С.І. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-4581-8426

Державний біотехнологічний університет

ТАРАРІКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор,

академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-8475-240X

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

САЙДАК Р.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-0213-0496

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

ЛУКАШУК В.П. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0003-0081-0962

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

КНИШ В.В. – PhD Агрономія

orcid.org/0000-0002-3220-9883

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

ЄГОРОВА С.В. – кандидат історичних наук

orcid.org/0000-0002-3045-3508

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Мінливість погодних умов безпосередньо впливає на щорічні коливання продуктивності рослин, що ускладнює розроблення ефективних стратегій управління в аграрному секторі [1, 2, 3, 4, 5]. Цей вплив реалізується через варіабельність гідротермічних умов, які обумовлюють зміни в мобільності макро- та мікроелементів у ґрунті, що супроводжується коливаннями інтенсивності фотосинтезу, дихання та поглинання рослинами поживних речовин. Основні гідротермічні параметри – волога та температура – визначають інтенсивність метаболічних процесів у рослинах і, як наслідок, впливають на формування як кількісних, так і якісних показників урожаю. Прогнозовані кліматичні зміни призводять до географічного переміщення агроєкологічних зон, що обумовлює розроблення адаптивних стратегій управління сільськогосподарським виробництвом як у короткотривалій, так і довготривалій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для адаптації сільськогосподарського виробництва до кліматичної варіабельності запропоновано чимало методичних підходів. Серед них Хольцкемпер А., Каланка П. і Фюрер Й. обґрунтовують гнучку комплексну систему, засновану на правилах, для оцінки придатності клімату конкретної культури. Кліматичні індекси розраховують за динамічно оціненими фенологічними фазами, а функції придатності факторів визначають для зв'язку між цими фазовими індексами клімату та значеннями придатності. Динамічне врахування фенології сільськогосподарських культур дозволяє оцінити вплив кліматичних змін у фенологічному розвитку. Для інтеграції експертних

знань з емпіричними спостереженнями запропонована автоматизована процедура верифікації та калібрування функцій придатності факторів на основі кліматичних даних та урожайності. Такий підхід успішно застосовується для оцінки кліматичної придатності культур та розроблення адаптивних стратегій управління, однак його широке впровадження потребує подальшого тестування в різних агроєкологічних умовах [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Результати дослідження М. М. Корхової та О. А. Коваленко, отримані на дослідних ділянках Миколаївського національного аграрного університету, підтверджують, що основними чинниками формування урожайності озимої пшениці є сортовий склад, строки сівби та норми висіву [13]. 2011 р. рівень урожайності зерна на 75 % залежав від строків сівби, на 9 % – від сорту і на 4 % – від норми висіву насіння, у 2012 та 2013 рр. – на 64 %, 21 %, 2 % і 37 %, 32 %, 2 % відповідно. Оптимальним строком сівби пшениці озимої по чистому пару слід вважати період з 30 вересня по 10 жовтня, за якого формується найвища врожайність як за сприятливих, так і за несприятливих погодних умов. У середньому, найвищу врожайність пшениці озимої було отримано 2011 р. за умови сівби 10 жовтня з нормою висіву 5 млн схожих насінин на гектар [13]. Серед найбільш дієвих, вагомих і поширених факторів підвищення продуктивності та стійкості агроєкосистем є різні види меліорацій, зокрема гідротехнічна й агрохімічна. Як правило, оптимізація водно-повітряного та поживного режимів ґрунту дає змогу майже повністю нівелювати негативну дію несприятливих погодних умов



і забезпечити високу сталість систем землеробства [14].

Підвищення температури обумовлює інтенсифікацію метаболічних процесів у рослин, що призводить до змін у динаміці їх росту, розвитку та, як наслідок, продуктивності. Наприклад, у Вінницькій області впродовж 2011 – 2022 рр. середньорічна температура становила, залежно від року, 7,9 – 9,8 °С, що було на 0,8 – 2,7 °С вище за норму. Протягом 2011–2022 рр. річна сума опадів коливалася від 440 мм (дефіцит на 162 мм) до 714 мм (надлишок на 112 мм) відносно багаторічної норми. За 12 років досліджень середня сума опадів за рік становила 595 мм, що було на 7 мм менше за норму. 2015 р. зафіксована найвища середньорічна температура повітря – 9,5 °С, яка була на 2,4 °С вища норми, а також найменша сума опадів за рік – 440 мм, що на 162 мм менше норми. Це зумовило одержання того року найнижчої врожайності тринадцяти сільськогосподарських культур із шістнадцяти досліджуваних. 2020 р. зафіксовано максимально високу середньорічну температуру повітря – 9,8 °С, що на 2,7 °С вища норми, а також суму опадів за рік 583 мм, що на 19 мм менша норми. Це зумовило одержання найнижчої за весь період спостережень урожайності семи сільськогосподарських культур. 2021 р. спостерігалась одна з найнижчих середньорічних температур за досліджуваний період – 8,1 °С та більша за норму опадів – 629 мм, що на 27 мм більше норми. Це сприяло отриманню найвищої врожайності за весь період спостережень 11 сільськогосподарських культур. 2018 р., коли річна сума опадів була великою – 622 мм, що на 20 мм більша за норму, але відмічена висока середньорічна температура повітря, що була на 0,7 °С вища, ніж 2021 р., виявлено високу врожайність п'яти культур [15].

Продуктивність рослин залежить від їх мінерального живлення та світлового режиму. Чим кращий світловий режим, тим, за оптимального забезпечення вологою, більше біогенних елементів вони здатні засвоїти [16].

Як зазначають І. Гасанова та Ю. Безсусідня, гідротермічні умови впродовж вегетаційного періоду і, особливо, у період досягання зерна є основним фактором, який здатний негативно вплинути на якість урожаю [17].

Температурний режим визначає накопичення рухомих поживних речовин у ґрунті. За умов водного дефіциту суттєво погіршується ефективність використання рослинами елементів живлення з внесених у ґрунт добрив, внаслідок підвищення осмотичних властивостей ґрунтового розчину, що пригнічує поглинання води та мінеральних іонів [18, 19].

Здійснений комплексний аналіз кліматичних факторів і продуктивності агроландшафтів надав можливість визначити математико-статистичні моделі кореляційної залежності врожайності озимих культур від метеорологічних факторів. Установлено, що на врожайність пшениці озимої найбільш впливовими метеорологічними факторами є кількість опадів червня, вересня та травня; на врожайність жита озимого – кількість опадів червня, вересня та температура квітня [20].

У свою чергу, ефективний розвиток виробництва зерна потребує наукового обґрунтування раціонального розміщення посівних площ для зернових культур

з урахуванням потенціальної врожайності та погодних умов. За останні десятиріччя погодно-кліматичні умови України зазнали істотних змін. Це призвело до зміни асортименту вирощуваних зернових культур і географії їх розташування. Найбільше зросла середня врожайність зернових у центральних областях. У західних областях вона збільшилася з 2,9 т/га до 4,3 т/га. Для зони Степу зростання врожайності зернових культур незначне – з 2,6 до 2,9 т/га. Дослідження свідчать про значні зміни погодних умов у різних районах України в період за останню чверть століття, що безпосередньо вплинуло на зміни врожайності зернових культур. Відбулося значне потепління. Якщо у дев'яності роки минулого століття основним виробником зерна була степова зона, то в останнє десятиріччя першість перейшла до центральних областей. Тут не тільки найвища врожайність зернових культур, але й динаміка її зростання. Ці зміни необхідно враховувати при плануванні посівів зернових культур і організації відповідної інфраструктури для їх обробки, зберігання та продажу [21].

Мета дослідження. Встановити закономірності змін основних параметрів поживного режиму чорнозему типового в різних короткоротаційних сівозмінах залежно від змін погодних умов за нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Визначити потенціал продуктивності різних сівозмін за ведення органічного землеробства. Оптимізувати сівозміни для забезпечення відновлення ґрунтової родючості з урахуванням ґрунтово-кліматичних економічних і соціальних особливостей господарств.

Матеріали та методи досліджень. Оцінку та прогноз умов вологозабезпечення проводили на основі кліматичного водного балансу (КВБ) [22], який розраховували як різницю між сумарною кількістю опадів і потенційним випаровуванням за певний період:

$$\text{КВБ} = \Sigma R - \Sigma E_p,$$

де ΣR – сума опадів за рік, мм;

ΣE_p – потенційне випаровування за рік, мм.

Ґрунт дослідного стаціонару представлений чорноземом типовим глибоким малогумусним важкосуглинковим на лесовидному суглинку. Вміст гумусу становив 4,94-5,21 %, легкогідролізного азоту за Корнфілдом – 81 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію за Чіріковим – 100 та 200 мг/кг відповідно. Реакція ґрунтового розчину була нейтральною (рН водне 7,0), буферна реакція – слабколужною (рН сольове 5,2–5,6).

У дослідженнях, проведених на дослідному стаціонарі по сівозмінах Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (нині Державний біотехнологічний університет) вивчали окремі культури та 16 варіантів чотириріпільних сівозмін з таким чергуванням культур: 1. Попередник пшениці озимої; 2. Пшениця озима; 3. Буряки цукрові, або гречка; 4. Ячмінь ярий. Попередниками пшениці озимої були: горох, чина, сочевиця та квасоля на зерно, кукурудза – на силос, вико-вівсяна сумішка та соя – на зелений корм, чистий пар.

Площа посівної ділянки – 142 м², облікової – 50 – 100 м². Розміщення варіантів у досліді – систематичне, повторення – триразове.

При закладанні та проведенні польового стаціонарного досліді були використані стандартизовані та загальноприйняті методики, описані В. О. Єщенком [23], В. Г. Дідорою [24], та А. О. Рожковим [25]. Відбір проб для аналізу здійснювали за ДСТУ 4287:2004 [26]. Агрохімічні аналізи проводили відповідно до загальноприйнятих методів.

Результати досліджень. Незважаючи на загальну тенденцію зменшення річної кількості опадів (рис. 1), особливо за останні три роки, в середньому за роки досліджень (1996 – 2019 рр.), порівнюючи з нормою [27], середньорічна кількість опадів відповідала рівню нормативного періоду.

Однак підвищення температурного режиму супроводжується прискоренням процесів випаровування, що посилює водний дефіцит в регіоні й обмежує доступність вологи для рослин впродовж вегетаційного періоду. Загалом за рік, динаміка КВБ має стійку тенденцію до зниження. Якщо 1996 – 2002 рр. річний

дефіцит КВБ становив у середньому 100 – 200 мм, то 2010 – 2019 рр. – 300 - 400 мм і більше (рис. 2).

Таким чином, проаналізовані кліматичні зміни (зростання температури та варіабельність опадів) посилюють водний дефіцит, що обмежує реалізацію продуктивного потенціалу сільськогосподарських культур і вимагає розроблення адаптивних стратегій управління.

Кількість у ґрунті сполук азоту, що легко гідролізуються (N_г) відповідала низькій забезпеченості та істотно коливалася за роками. Наприклад, у сівозміні з чистим паром цей показник у шарі ґрунту 0 – 15 см мінімально складав 84 мг/кг ґрунту або з урахуванням змінної за роками

щільності ґрунту – 137 кг/га і максимально – 143 мг/кг ґрунту або 264 кг/га. Причому по сівозмінах подібна закономірність змін умісту доступного азоту в часі зберігалася з достовірністю апроксимації R²=0,7 – 0,8 (рис. 3). Такі значні коливання можуть обумовлюватися

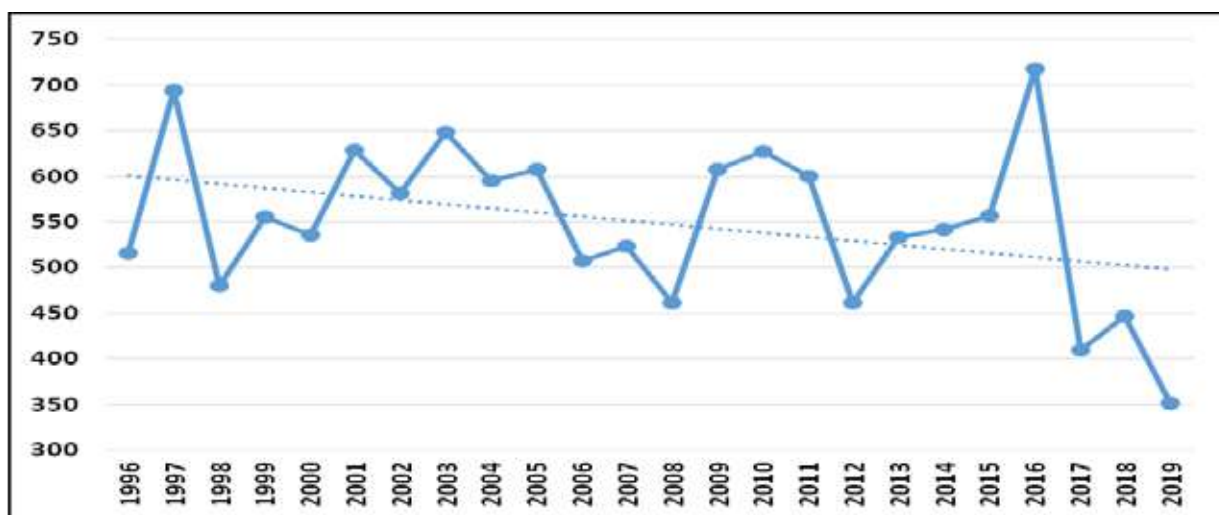


Рис. 1. Динаміка річних сум опадів, мм

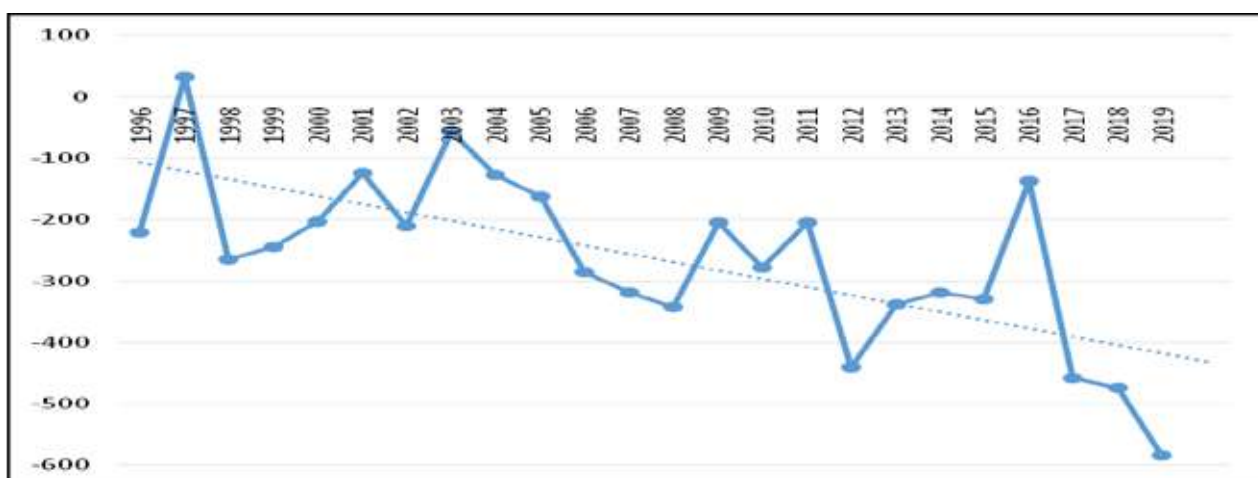


Рис. 2. Динаміка річного кліматичного водного балансу, мм

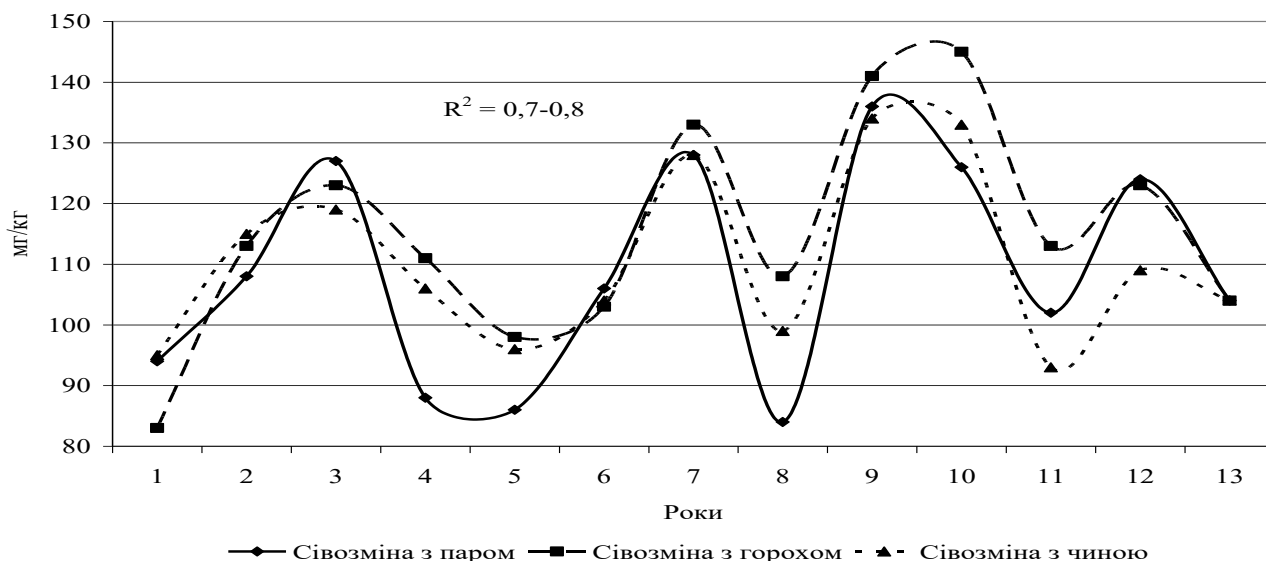


Рис. 3. Коливання вмісту легкогідролізного азоту в часі та по сівозмінах у шарі ґрунту 0 – 15 см

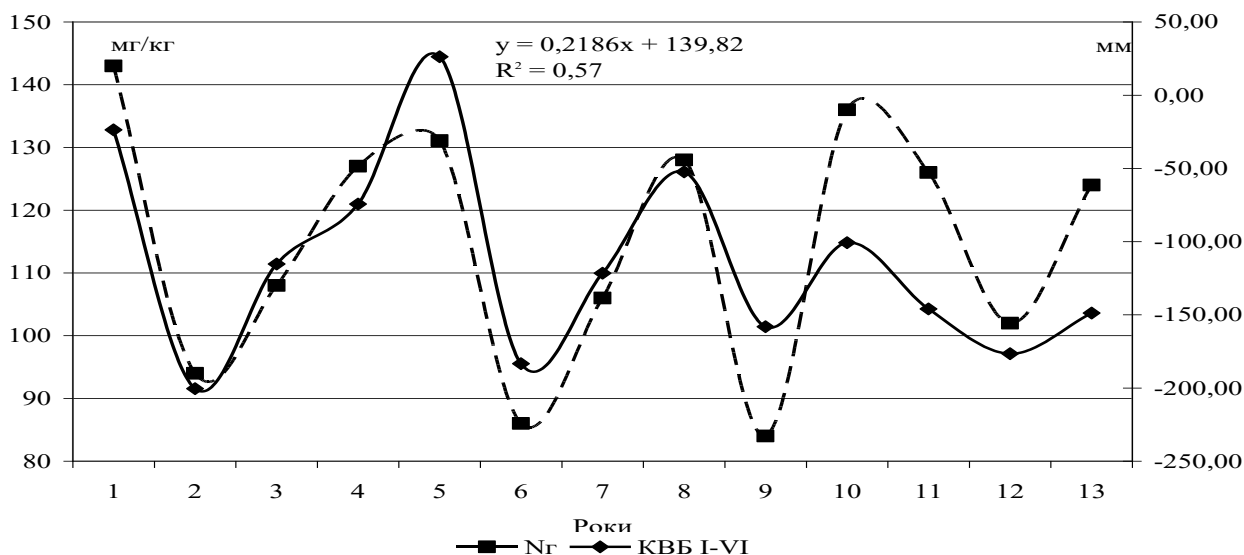


Рис. 4. Вплив гідротермічних умов на вміст у ґрунті сполук азоту, що легко гідролізуються

різними факторами, зокрема рівнями зволоження та врожайності культур сівозмін.

Так, наприклад, встановлено, що водний баланс за перше півріччя по роках досліджень коливався від 26 мм у 2001 р до -201 мм у 1998 р. Співставлення умов зволоження за показником КВБ з кількістю азоту сполук, що легко гідролізуються в наступному році показало наявність залежності з $R^2=0,6$ (рис. 4).

Встановлено також зв'язок між кількістю N_г у шарі ґрунту 0 – 30 см і врожайністю культур у наступному році. Так, наприклад, у сівозміні з чистим паром залежність між цими показниками на пшениці озимій характеризується $R^2=0,7$ (рис. 5).

У цілому запаси доступного азоту в шарі ґрунту 0 – 30 см коливалися в часі залежно від погодних умов від 313 до 484 кг/га з середнім рівнем 400 кг/га. Якщо

припустити, що озима пшениця засвоює 34% доступного в ґрунті азоту та виносить 30 кг азоту на кожну тону зерна з побічною продукцією, то потенціальна продуктивність цієї культури за азотним живленням може сягати 4–6 т/га, з середнім значенням 5 т/га.

Кількість доступних сполук фосфору в ґрунті, як і азоту, істотно коливалася за роками. Так, у сівозміні з чистим паром уміст цього елементу в шарі 0 – 15 см коливався за роками від 63 мг/кг ґрунту (середня забезпеченість) до 178 мг/кг ґрунту (підвищена забезпеченість), а в шарі 15 – 30 см – від 74 до 168 мг/кг ґрунту відповідно. Причому закономірності змін даного показника в часі зберігаються як по сівозмінах, так і по шарах ґрунту 0 – 15 і 15 – 30 см (рис. 6).

Коливання забезпеченості ґрунту рухомих фосфором за роками мають зворотній зв'язок з кількістю опадів

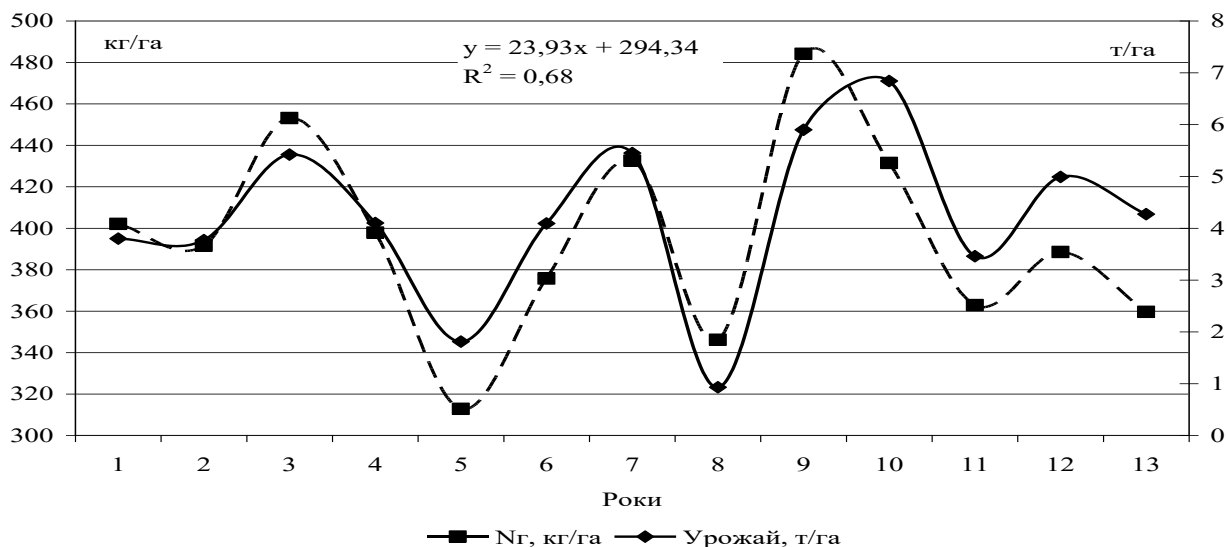


Рис. 5. Вплив запасів легкогідролізного азоту на врожайність пшениці озимої

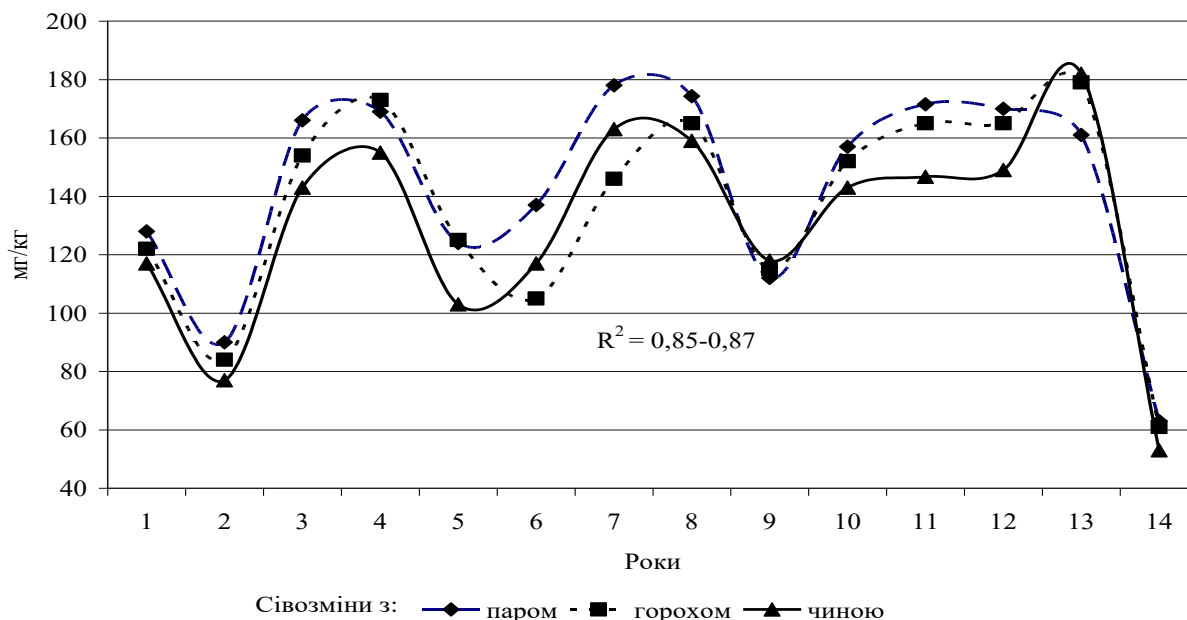


Рис. 6. Коливання в часі та по сівозмінах вмісту рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–15 см

за період січень – квітень включно (рис. 7). Причому встановлена закономірність більш чітко проявлялася в шарі ґрунту 15 – 30 см і характеризувалася $R^2=0,72$. Її наявність також підтверджується в інших досліджуваних сівозмінах, зокрема з горохом і чиною. Таке положення можна пояснити посиленням біологічної мобілізації фосфорних сполук ґрунтовою біотою та посівами культур у більш сприятливих умовах зволоження.

Загальні запаси доступного фосфору в шарі ґрунту 0 – 30 см залежно від погодних умов коливалися від 241 до 640 кг/га. Якщо з однією тонною основної та відповідною кількістю нетоварної продукції пшениці озимої відчувається 10 кг, а її посіви здатні поглинати до 11 % наявних у ґрунті запасів, то умовний потенціал

біопродуктивності цієї культури за фосфором може коливатися від 4 до 7 т/га зерна з середнім рівнем 5,5 т/га.

Максимальні рівні забезпеченості ґрунту доступним калієм були на рівні 200 мг/кг ґрунту, мінімальні – на рівні 100 мг/кг ґрунту, що лежить у межах підвищеної забезпеченості. Коливання вмісту цього елемента в часі співпадали по досліджуваних сівозмінах у шарі ґрунту 0 – 15 см (рис. 8).

Вміст рухомого калію також залежав від особливостей умов зволоження та, як і доступні сполуки фосфору, зворотно корелював з кількістю опадів, що мали місце з січня по травень з $R^2=0,63$ (рис. 9). Його запаси в шарі 0 – 30 см у часі коливалися від 312 до 621 кг/га. Якщо

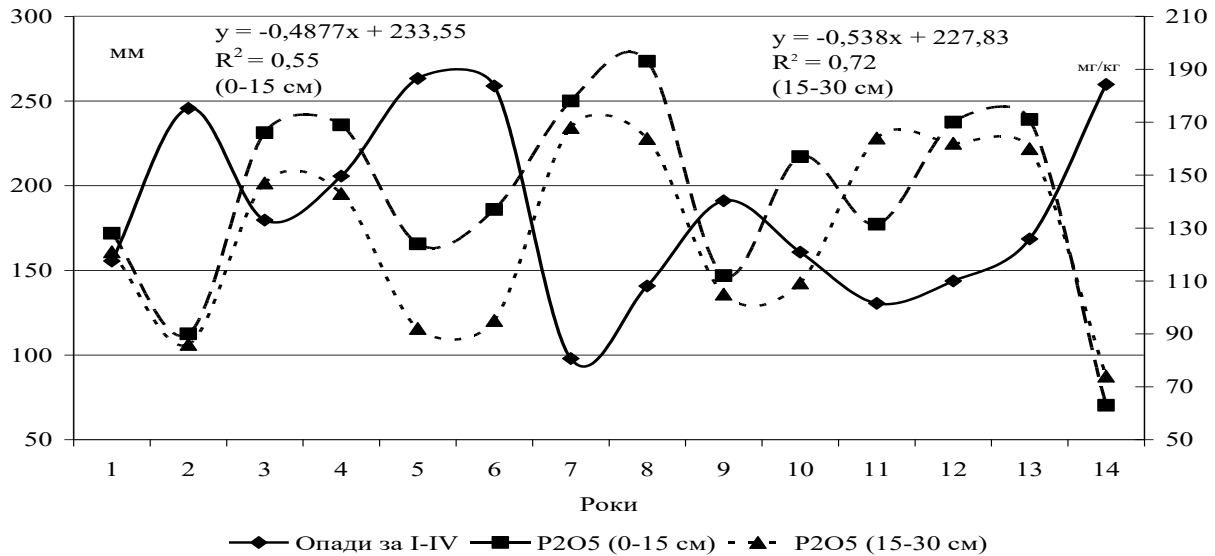


Рис. 7. Коливання вмісту рухомих сполук фосфору залежно від кількості опадів

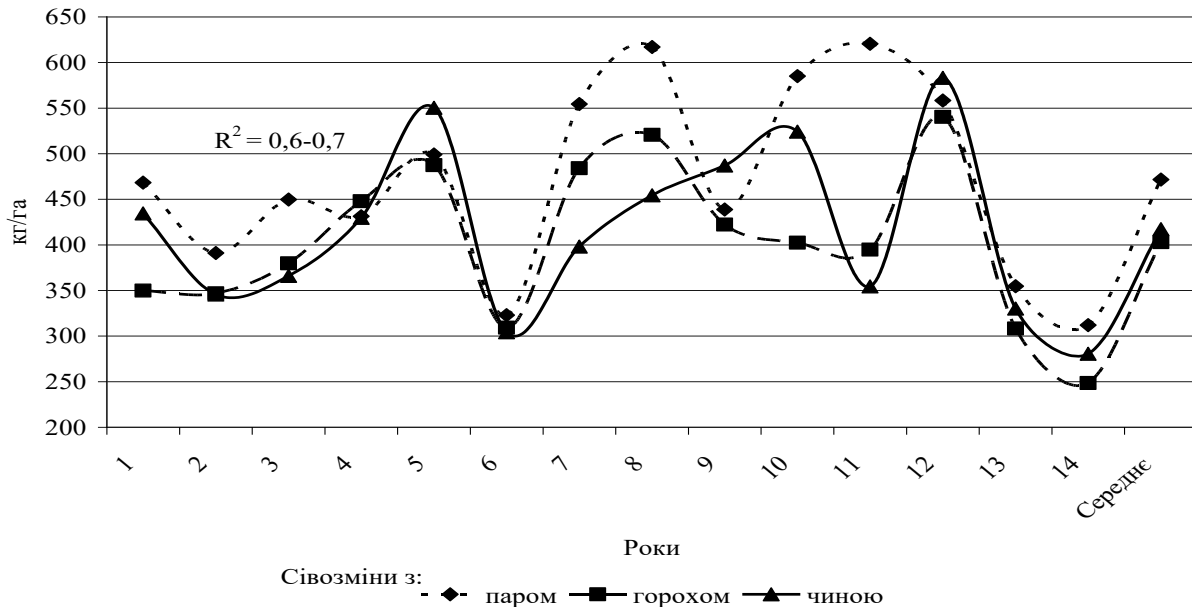


Рис. 8. Коливання в часі запасів обмінного калію у шарі ґрунту 0 – 30 см

рівень засвоюваності ґрунтового обмінного калію становить 17 %, а винос з ґрунту однією тонною зерна пшениці з відповідною кількістю соломи складає 21 кг, то умовний потенціал урожайності цієї культури за даним елементом залежно від умов зволоження буде коливатися від 3 до 5 т/га з середнім рівнем 4 т/га. Таке положення може свідчити, що наявний рівень забезпеченості ґрунту обмінним калієм, поряд з дефіцитом вологи, може бути обмежуючим фактором при формуванні врожаю польових культур.

Так, на прикладі гречки видно, що її врожайність має пряму залежність від забезпеченості ґрунту доступним фосфором і обмінним калієм у попередньому році (рис. 10). При цьому зі встановлених залежностей більш

виражений зв'язок виходу зерна гречки є з вмістом у ґрунті калію ($R^2=0,65$) ніж фосфору ($R^2=0,57$).

Позитивна кореляція урожайності гречки та ячменю ярого наступного року (рис. 11) вказує на покращення поживного режиму ґрунту, особливо за вмістом фосфору та калію. Однак для інших культур подібної залежності не встановлено, що вимагає подальшого дослідження. Однак для інших культур подібної залежності не встановлено, що вимагає подальшого дослідження.

Середня за роками продуктивність досліджуваних сівозмін за зерновими одиницями істотно відрізняється за збереження тенденцій впливу особливостей погодних умов на даний показник з $R^2=0,75 - 0,90$ (рис. 12).

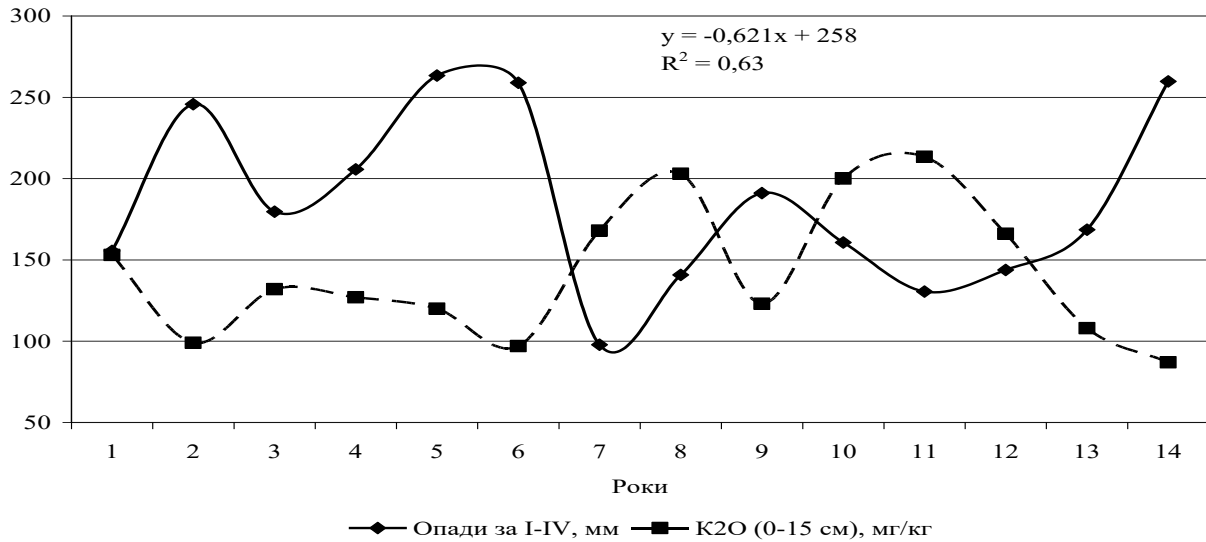


Рис. 9. Вплив кількості опадів до фази виходу в трубку пшениці озимої на вміст обмінного калію в ґрунті

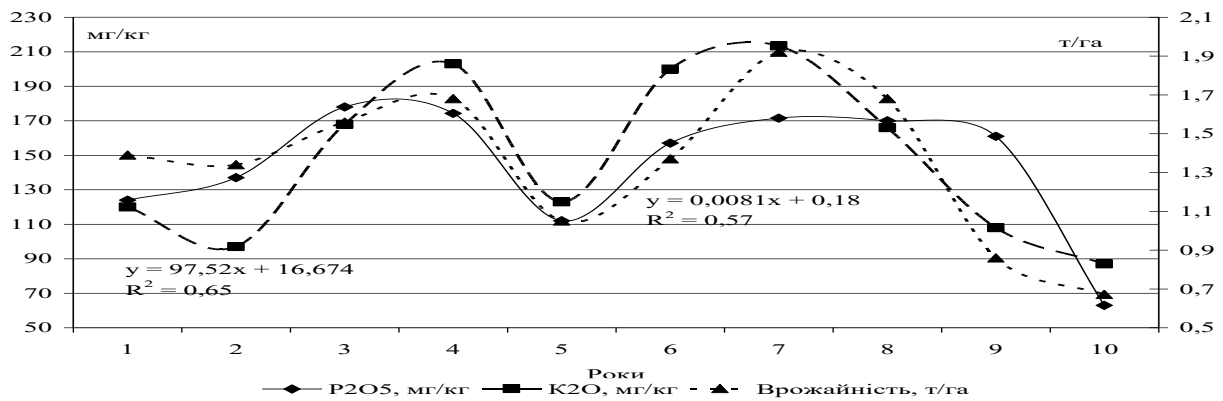


Рис. 10. Залежність між вмістом рухомих форм фосфору та калію і врожайністю гречки

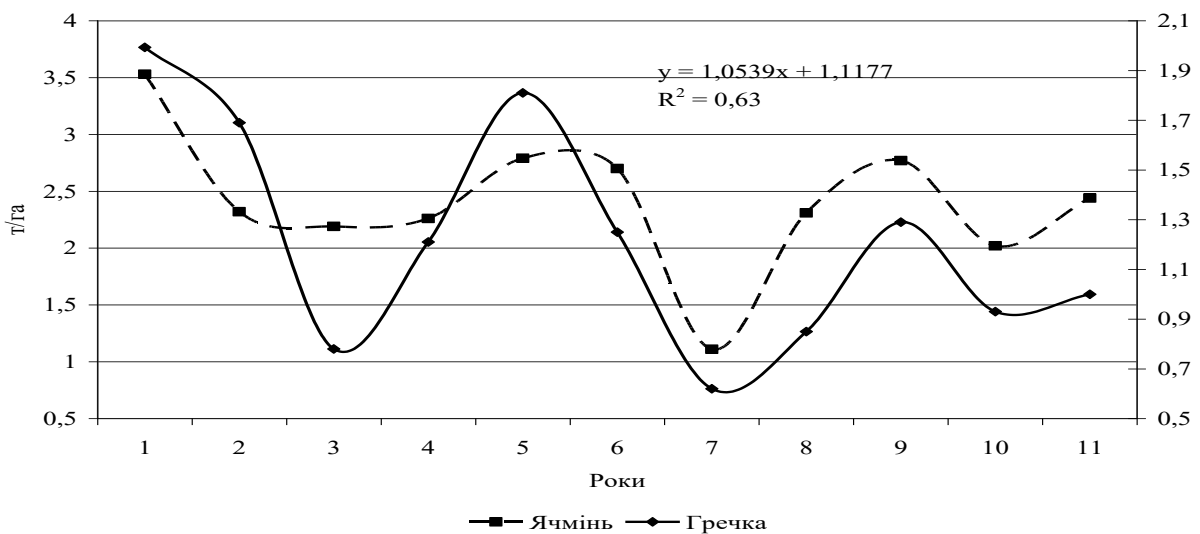


Рис. 11. Залежність між врожайністю гречки та наступного за нею ячменю ярого

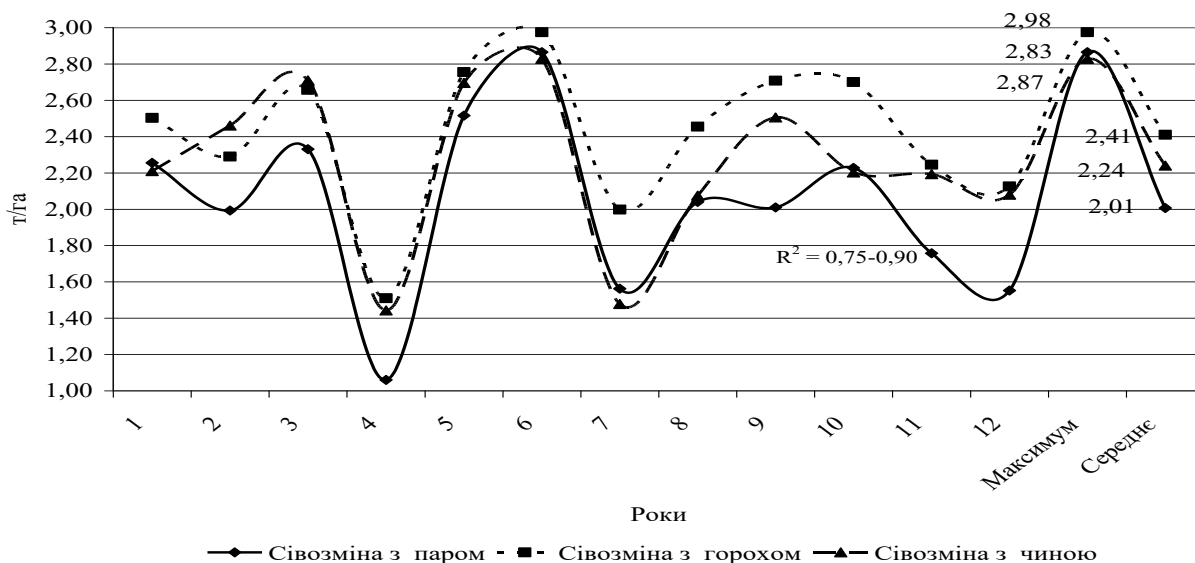


Рис. 12. Коливання по роках продуктивності сівозмін за виходом зерна

У сівозміні з чистим паром вихід зерна пшениці озимої, гречки та ячменю на гектар сівозмінної площі становив мінімально 1,06, максимально – 2,87 з середнім значенням 2,01 т/га, у сівозміні з горохом – 1,51, 2,98 і 2,41 т/га відповідно і в сівозміні з чиною – 1,44; 2,83 і 2,24 т/га. Виробництву можна рекомендувати ротацію з горохом, що в середньому за роками забезпечує на рівні 2,4 т/га зерна для отримання «органічних» круп або борошна.

Необхідно також зазначити, що за близьких по роках показниках собівартості та ціни реалізації зерна ячменю ярого та пшениці озимої остання має значно вищу врожайність. Це може свідчити про доцільність вилучення ячменю з сівозмін. У такому випадку середня за роками продуктивність трипільної сівозміни з чистим паром становитиме 2,9 т/га, а в сівозмінах з горохом і чиною практично не зміниться та складатиме 2,4 і 2,3 т/га. Таке положення пов'язано з тим, що продуктивність ячменю відповідає продуктивності сівозміни.

Також важливо оцінити потенціал продуктивності сівозмін у разі оптимізації умов зволоження, що імітуються в найбільш сприятливі роки. По сівозмінах потенціал виходу зерна в умовах зрошення з ячменем складатиме 4,1; 3,6 і 3,2 т/га відповідно, без ячменю – 4,4; 3,7 і 3,4 т/га.

Висновки. Проведене дослідження засвідчило, що вміст легкогідролізного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію в ґрунті дослідного стаціонару значною мірою залежить від року та кліматичних умов, демонструючи істотні коливання протягом досліджуваного періоду. Зміни запасів азоту пов'язані з водним балансом, що складається по роках у перше півріччя. Встановлено також зв'язок між кількістю N_g в орному шарі ґрунту та врожайністю культур у наступному році. Вміст фосфору та калію зворотно корелює з кількістю опадів за період січень – квітень, що можна пояснити їх біологічною мобілізацією рослинами та ґрунтовою біотою за сприятливих умов зволоження. Згідно

з коливанням забезпеченості ґрунту біогенними елементами умовний потенціал продуктивності пшениці озимої за азотом варіює від 4 до 6 т/га, за фосфором – від 4 до 7 т/га, за калієм – від 3 до 5 т/га. Таке положення може свідчити, що наявний рівень забезпеченості ґрунту обмінним калієм, поряд з дефіцитом вологи, може бути обмежуючим фактором при формуванні врожаю польових культур. Виявлено також залежність продуктивності гречки та наступного ячменю ярого від забезпеченості ґрунту доступним фосфором і обмінним калієм у попередньому році.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Божко Л. Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні: монографія. Одеса: Екологія, 2010. 368 с.
2. Костюкєвич Т. К., Шапорєва О. І. Оцінка впливу зміни клімату (RCP 6.0) на агрокліматичні умови вирощування гречки в центральній частині України. Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату : матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.) / Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2022. С. 132–134.
3. Heino, M., Guillaume, J. H. A., Muller, C., et al. (2020). A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems. *Earth System Dynamics*, 11(1), 113–128. <https://doi.org/10.5194/esd-11-113-2020>
4. Anderson, W. B., Seager, R., Baethgen, W., et al. (2019). Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *Science Advances*, 5(7), eaaw1976. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1976>.
5. Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B., et al. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287–291. <https://doi.org/10.1038/nclimate2153>.
6. Deryng, D., Sacks, W. J., Barford, C. C., et al. (2011). Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global*

- Biogeochemical Cycles*, 25, GB2006. <https://doi.org/10.1029/2009GB003765>
7. S.M. Howden, J. Soussana, F.N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop, & H. Meinke, Adapting agriculture to climate change, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104 (50) 19691-19696, <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104> (2007).
 8. Holzkämper, A., Calanca, P., & Fuhrer, J. (2013). Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.09.004>
 9. Kudria, S. (2020). Effects of hydrothermal conditions on agrophysical properties of typical chernozem and crop rotation productivity in the system of organic farming. *Land Reclamation and Water Management*, (2), 70 – 80. <https://doi.org/10.31073/mivg202002-250>
 10. Божко Л. Ю., Клевак А. В. Оцінка агрокліматичних умов вирощування кукурудзи за змін клімату на період до 2050 року // *Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Полтава, 2018. С. 20–23.
 11. Коваленко Н. Проблеми виробництва зерна пшениці озимої через зміни клімату та науково-технологічні рішення для пом'якшення їх впливу: Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти // *Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції*, 27 березня 2024 р., Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2024. С. 46–49.
 12. North-Eurasian Climate Center. Review of the state of climate change for 2016 (January–December). 2016. URL: <https://www.necc.org/en/> (дата звернення: 21.03.2026).
 13. Корхова М. М., Коваленко О. А. Вплив метеорологічних умов року на урожайність різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків сівби та норм висіву. *Scientific-Researches*. 2016. № 2. С. 27–36.
 14. Наукові засади розвитку аграрного сектора економіки південного регіону України: монографія / за ред. М. І. Ромащенко, Р. А. Вожегової, А. П. Шатковського. Херсон, 2017. 438 с.
 15. Ткачук О. П., Вітер Н. Г. Динаміка кліматичних показників та їх вплив на урожайність основних сільськогосподарських культур у Вінницькій області. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 139–149. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.17.19.
 16. Бессонова В. П., Яковлева-Носарь С. О. *Фізіологія рослин: навчальний посібник*. Дніпропетровськ: Свідлер А. Л., 2014. 501 с.
 17. Гасанова І., Безсусідня Ю. Як отримати високоякісне зерно пшениці озимої. *Аграрний тиждень*. 2017. № 6(320). С. 34–36.
 18. Ходос В. М., Вайда П. В. Поглинання елементів живлення та продуктивність озимої пшениці за різних доз та способу застосування мінеральних добрив в умовах оптимального та недостатнього водозабезпечення. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія*. 2007. Вип. 20. С. 214–219.
 19. Писаренко В. М., Писаренко П. В. *Органічні добрива на захисті родючості ґрунту: монографія*. Полтава, 2022. 156 с.
 20. Зубов О. Р., Зубова Л. Г., Славгородська Ю. В. Оцінка впливу метеорологічних факторів на урожайність озимих культур в умовах північної частини Луганської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 2. С. 14–20.
 21. Грицюк П. М., Бачишина Л. Д. Вплив змін кліматичних умов на динаміку врожайності зернових культур. *Економіка України*. 2016. № 6. С. 68–75. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ЕкУк_2016_6_7 (дата звернення: 01.04.2026).
 22. Bandoş, G., & Prăvălie, R. (2015). Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *Journal of Geographical Sciences*, 25, 1307–1327. <https://doi.org/10.1007/s11442-015-1236-1>
 23. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
 24. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. *Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник*. Київ: Центр навчальної літератури, 2013. 264 с.
 25. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. *Дослідна справа в агрономії: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова*. Харків: Майдан, 2016. 316 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532> (дата звернення: 12.03.2026).
 26. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–01–01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с. URL: <https://environmentallab.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/dstu-4287-2004-yakist-gruntu.-vidbirannya-prob.pdf> (дата звернення: 12.03.2026).
 27. Образцова З. Г. Еколого-кліматичні особливості дослідного поля ХДАУ. *Вісник ХДАУ. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2001. № 1. С. 96–104.

REFERENCES:

1. Bozhko, L. Yu. (2010). Klimat i produktyvnist ovochevykh kultur v Ukraini [Climate and productivity of vegetable crops in Ukraine]. Odesa: Ekolohiia, 368 [in Ukrainian].
2. Kostiukievych, T. K., & Shaporieva, O. I. (2022). Otsinka vplyvu zminy klimatu (RCP 6,0) na ahroklimatychni umovy vyroshchuvannya hrechky v tsentralnii chastyni Ukrainy [Assessment of the impact of climate change (RCP 6.0) on the agro-climatic conditions of buckwheat cultivation in the central part of Ukraine]. Aktualni problemy roslynnytstva v umovakh zmin klimatu: materialy mizhnarodnoi naukovoï internet-konferentsii molodykh uchenykh [Actual problems of crop production under climate change: materials of the international scientific internet conference of young scientists] (pp. 132–134). Kharkiv: Instytut roslynnytstva imeni V. Ya. Yurieva NAAN [in Ukrainian].
3. Heino, M., Guillaume, J. H. A., Muller, C. et al. (2020). A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems. *Earth System Dynamics*, 11(1), 113–128. DOI: 10.5194/esd-11-113-2020.
4. Anderson, W. B., Seager, R., Baethgen, W. et al. (2019). Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *Science Advances*, 5(7), eaaw1976. DOI: 10.1126/sciadv.aaw1976.
5. Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B. et al. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and

- adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287–291. DOI: 10.1038/NCLIMATE2153.
6. Deryng, D., Sacks, W. J., Barford, C. C. et al. (2011). Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global Biogeochemical Cycles*, 25, GB2006. DOI: 10.1029/2009GB003765.
 7. Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N. et al. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19691–19696. DOI: 10.1073/pnas.0701890104.
 8. Holzkämper, A., Calanca, P., & Fuhrer, J. (2013). Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168, 149–159. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.09.004.
 9. Kudria, S. I. (2020). Vplyv hidrotermichnykh umov na ahrofizychni vlastyivosti chornozemu typovoho ta produktyvnist sivozmin u systemi orhanichnoho zemlerobstva [Influence of hydrothermal conditions on the agrophysical properties of typical chernozem and the productivity of crop rotations in the system of organic farming]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 2, 70–80. DOI: 10.31073/mivg202002-250 [in Ukrainian].
 10. Bozhko, L. Yu., & Klevak, A. V. (2018). Otsinka ahroklimatychnykh umov vyroshchuvannia kukurudzy za zmin klimatu na period do 2050 roku [Assessment of agro-climatic conditions for growing maize under climate change for the period up to 2050]. *Materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Materials of the II All-Ukrainian scientific and practical conference]* (pp. 20–23). Poltava [in Ukrainian].
 11. Kovalenko, N. (2024). Problemy vyrobnytstva zerna pshenytsi ozymoi cherez zminy klimatu ta nauko-vo-tekhnologichni rishennia dlia pomiakishennia ikh vplyvu [Problems of winter wheat grain production due to climate change and scientific and technological solutions to mitigate their impact]. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarynoi nauky ta osvity: zbirnyk materialiv VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education: collection of materials of the VII International scientific and practical conference]* (pp. 46–49). Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO [in Ukrainian].
 12. North-Eurasian Climate Center. (2017). Review of the state of climate change for 2016 (January-December). [in English].
 13. Korkhova, M. M., & Kovalenko, O. A. (2016). Vplyv meteorologichnykh umov roku na urozhainist riznykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi zalezno vid strokiv sivby ta norm vysivu [Influence of meteorological conditions of the year on the yield of different varieties of soft winter wheat depending on sowing dates and seeding rates]. *Scientific-Researches*, 2, 27–36 [in Ukrainian].
 14. Romashchenko, M. I., Vozhehova, R. A., & Shatkovskiy, A. P. (Eds.). (2017). *Naukovi zasady rozvytku ahrarynoho sektora ekonomiky pivdennoho rehionu Ukrainy [Scientific principles of the development of the agricultural sector of the economy of the southern region of Ukraine]*. Kherson, 438 [in Ukrainian].
 15. Tkachuk, O. P., & Viter, N. H. (2023). Dynamika klimatychnykh pokaznykiv ta yikh vplyv na urozhainist osnovnykh silskohospodarskykh kultur u Vinnytskii oblasti [Dynamics of climate indicators and their influence on the yield of main agricultural crops in Vinnytsia region]. *Ahrarni innovatsii*, 17, 139–149. DOI: 10.32848/ agrar.innov.2023.17.19 [in Ukrainian].
 16. Bessonova, V. P., & Yakovlieva-Nosar, S. O. (2014). *Fiziologhiia roslyn [Plant physiology]*. Dnipropetrovsk: Svidler A. L., 501 [in Ukrainian].
 17. Hasanova, I., & Bezsusidnia, Yu. (2017). Yak otrymaty vysokoiakisne zerno pshenytsi ozymoi [How to get high-quality winter wheat grain]. *Ahrarnyi tyzhden*, 6(320), 34–36 [in Ukrainian].
 18. Khodos, V. M., & Vaida, P. V. (2007). Pohlynannia elementiv zhyvlennia ta produktyvnist ozymoi pshenytsi za riznykh doz ta sposobu zastosuvannia mineralnykh dobryv v umovakh optymalnoho ta nedostatnoho vodozabezpechennia [Nutrient absorption and productivity of winter wheat at different doses and methods of applying mineral fertilizers in conditions of optimal and insufficient water supply]. *Naukovyi visnyk UzhNU: Biologhiia*, 20, 214–219 [in Ukrainian].
 19. Pysarenko, V. M., & Pysarenko, P. V. (2022). Orhanichni dobryva na zakhysti rodiuchosti gruntu [Organic fertilizers in protection of soil fertility]. Poltava, 156 [in Ukrainian].
 20. Zubov, O. R., Zubova, L. H., & Slavhorodska, Yu. V. (2012). Otsinka vplyvu meteorologichnykh faktoriv na vrozhainist ozymykh kultur v umovakh pivnichnoi chastyny Luhanskoj oblasti [Assessment of the influence of meteorological factors on the yield of winter crops in the conditions of the northern part of Luhansk region]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 2, 14–20 [in Ukrainian].
 21. Hrytsiuk, P. M., & Bachyshyna, L. D. (2016). Vplyv zmin klimatychnykh umov na dynamiku vrozhainosti zernovykh kultur [Impact of climate change on the dynamics of grain crop yields]. *Ekonomika Ukrainy*, 6, 68–75. Retrieved April 1, 2026, from http://nbuv.gov.ua/UJRN/EKUK_2016_6_7 [in Ukrainian].
 22. Bandoc, G., & Prävălie, R. (2015). Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *Journal of Geographical Sciences*, 25, 1307–1327. DOI: 10.1007/s11442-015-1236-1 [in English].
 23. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]*. Kyiv: Diia, 288 [in Ukrainian].
 24. Didora, V. H., Smahlii, O. F., Ermantraut, E. R. et al. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii [Methodology of scientific research in agronomy]*. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury, 264 [in Ukrainian].
 25. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M. et al. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Experimental business in agronomy: Theoretical aspects of experimental business]* (Vol. 1). Kharkiv: Maidan, 316 [in Ukrainian].
 26. *Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling]*. (2005). DSTU 4287:2004. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 27. Obratsova, Z. H. (2001). Ekoloho klimatychni osoblyvosti doslidnoho polia KhDAU [Ecological and climatic features of the KhSAU experimental field]. *Visnyk KhDAU. Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo*, 1, 96–104 [in Ukrainian].

Кудря С.І., Тараріко Ю.О., Сайдак Р.В., Лукашук В.П., Книш В.В. Вплив гідротермічних умов на поживний режим і продуктивність чорнозему типового

Мета. Встановити тенденції змін основних параметрів поживного режиму чорнозему типового та врожайності культур у різних сівозмінах стосовно динаміки агрометеорологічних факторів за умов нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Оптимізувати сівозміни для забезпечення відновлення ґрунтової родючості з урахуванням ґрунтово-кліматичних, економічних і соціальних особливостей господарств. **Методи.** У процесі виконання дослідницької роботи для досягнення поставленої мети, були використані загальнонаукові та спеціальні для аграрної науки методи досліджень. Оцінку змін агрометеорологічних ресурсів території здійснювали методом математико-статистичного аналізу показників умов теплового забезпечення: кліматичний водний баланс і кількість опадів. Дані стаціонарного польового дослідження обробляли методами системного узагальнення, кореляційного, економічного, розрахунково-порівняльного аналізів. **Результати.** На інформаційній базі стаціонарного польового дослідження встановлено, що у шарі ґрунту 0 – 15 см кількість легкогідролізних сполук азоту, доступного фосфору й обмінного калію коливалася по роках у межах 80 – 140, 60 – 180 і 90 – 210 мг/кг ґрунту відповідно. Зміни запасів азоту пов'язані з водним балансом, що складається у перше півріччя кожного року досліджень (на пшениці озимій $R^2=0,6$). Установлено також зв'язок між кількістю N_g в орному шарі ґрунту та врожайністю культур у наступному році (на пшениці озимій $R^2=0,7$). Уміст фосфору та калію зворотно корелює ($R^2=0,6$ і $0,7$) з кількістю опадів за період січень – квітень, що можна пояснити біологічною їх мобілізацією за сприятливих умов зволоження. Згідно з коливанням забезпеченості ґрунту біогенними елементами умовний потенціал продуктивності пшениці озимої за азотом варіює від 4 до 6 т/га, за фосфором – від 4 до 7 т/га, за калієм – від 3 до 5 т/га. Коефіцієнт варіації врожайності бобових культур складає 30 – 33 %, пшениці озимої – 33 – 37 %, ячменю ярого – 36 – 37 %, що є показниками її низької сталості за роками. Врожайність культур залежно від особливостей погодних умов року також істотно коливалася: гороху в межах 0,8–3,2, чини – 0,8–2,6, пшениці озимої – 0,6–6,8, гречки – 0,6–1,9, ячменю ярого – 0,6 – 3,5 т/га. Сівозміна з горохом за продуктивністю 2,4 т/га зерна в середньому переважає інші за збереження закономірностей коливання цього показника залежно від гідротермічних умов. **Висновки.** За середньо статистичної ціни реалізації прибутковість на 1 га ріллі всіх досліджуваних сівозмін виявилася одного рівня з коливанням у несприятливі роки 27 – 35 у. о./га, у сприятливі – 97 – 104 у. о./га, з середнім рівнем 66 – 73 у. о./га. Якщо припустити, що ціна реалізації органічної продукції буде на 25 % вище порівняно зі звичайною то середня за роками прибутковість зросте в три рази.

Ключові слова: кореляція, погодні умови, поживний режим ґрунту, вміст біогенних елементів, органічні агро-екосистеми.

Kudria S.I., Tarariko Yu.O., Saidak R.V., Lukashuk V.P., Knysh V.V. Influence of hydrothermal conditions on the nutrient regime and productivity of typical chernozem

Aim. To establish trends in changes of the main nutrient regime parameters of typical chernozem and crop yields in various crop rotations relative to the dynamics of agrometeorological factors under conditions of unstable moisture in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. To optimize crop rotations to ensure soil fertility restoration, taking into account the soil-climatic, economic, and social characteristics of farms. **Methods.** In the course of the research work, general scientific and specialized agricultural research methods were used to achieve the set aim. Assessment of changes in the agrometeorological resources of the territory was carried out using the method of mathematical and statistical analysis of thermal and moisture supply indicators: climatic water balance and precipitation. Data from the stationary field experiment were processed using methods of systemic generalization, as well as correlational, economic, and calculation-comparative analyses. **Results.** Based on the data from a stationary field experiment, it was established that in the 0 – 15 cm soil layer, the amount of easily hydrolyzable nitrogen compounds, available phosphorus, and exchangeable potassium fluctuated over the years within 80 – 140, 60 – 180, and 90 – 210 mg/kg of soil, respectively. Changes in nitrogen reserves are linked to the water balance formed during the first half of each study year (for winter wheat, $R^2=0.6$). A correlation was also established between the amount of alkali-hydrolyzable nitrogen in the topsoil and crop yields in the following year (for winter wheat, $R^2=0.7$). The content of phosphorus and potassium correlates inversely ($R^2=0.6$ and 0.7) with the amount of precipitation during the January – April period, which can be explained by their biological mobilization under favorable moisture conditions. According to the fluctuations in the soil's nutrient supply, the conditional productivity potential of winter wheat varies from 4 to 6 t/ha for nitrogen, 4 to 7 t/ha for phosphorus, and 3 to 5 t/ha for potassium. The coefficient of variation for the yield of legumes is 30 – 33%, winter wheat – 33 – 37%, and spring barley – 36 – 37%, indicating low yield stability over the years. Crop yields also fluctuated significantly depending on the weather conditions of the year: peas within 0.8 – 3.2, grass pea – 0.8 – 2.6, winter wheat – 0.6 – 6.8, buckwheat – 0.6 – 1.9, and spring barley – 0.6 – 3.5 t/ha. The crop rotation including peas, with an average productivity of 2.4 t/ha of grain, outperforms others while maintaining similar fluctuation patterns depending on hydrothermal conditions. **Conclusions.** At the average statistical selling price, the profitability per 1 hectare of arable land for all studied crop rotations was at the same level, fluctuating from 27 – 35 USD/ha in unfavorable years to 97 – 104 USD/ha in favorable ones, with an average level of 66 – 73 USD/ha. Assuming that the selling price of organic products will be 25% higher compared to conventional ones, the average annual profitability will increase threefold.

Key words: correlation, weather conditions, soil nutrient regime, nutrient content, organic agroecosystems.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026