

## ПОТЕНЦІАЛ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ЗРОШУВАНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Ю.О. Тараріко

доктор сільськогосподарських наук,  
член-кореспондент, професор,

Інститут водних проблем і меліорації  
Національної академії аграрних наук України  
(Україна, м. Київ; e-mail: [urtar@bigmir.net](mailto:urtar@bigmir.net))

Я.П. Цвей

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків  
Національної академії аграрних наук України  
(Україна, м. Київ; e-mail: [tsvey\\_isb@ukr.net](mailto:tsvey_isb@ukr.net))

Г.І. Личук

кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
Національний науковий центр  
Інститут землеробства  
Національної академії аграрних наук України»  
(Україна, смт Чабани; e-mail: [aspirant.nnciz@gmail.com](mailto:aspirant.nnciz@gmail.com))

Показано, що у лісостеповій зоні зрошувальною мережею на початку 90-х років минулого століття охоплювалося майже 0,8 млн га. У зв'язку з кліматичними змінами виникла потреба в обґрунтуванні доцільності відновлення і розширення зрошувальних меліорацій. Предмет досліджень — інформаційна база стаціонарного дослідження (1973 р.). Мета — оцінити потенціал біопродуктивності агроecosистем, зокрема зрошуваних, у Правобережному Лісостепу. Методи — оцінку кліматичних змін проводили на основі значень кліматичного водного балансу (КВБ) і гідротермічного коефіцієнта (ГТК), врожайності культур і продуктивність сівозмін визначали за результатами польових дослідів. Встановлено, що за впливом на врожайність усіх культур сівозміни тривале застосування соломи з НРК і гною з НРК виявилось рівнозначним із зростанням продуктивності сівозміни від 4,7 на природному фоні до 6,4 т к.од./га, або на 27%. У найбільш сприятливі роки, що імітують близький до оптимального рівень зволоження, продуктивність сівозміни на контролі збільшується до 7,6 т к. од./га, або на 37%, на фоні солома + НРК — до 8,9 т к. од./га, або на 33%, та на фоні гній + НРК — до 8,8 т к. од./га, або на 32%. Добрива зменшують коефіцієнт варіації врожайності культур з високого — (35%) до середнього рівня — (23–25%). У загальній продуктивності сівозміни частка пшениці озимої коливається у межах 8 — 10%, цукрових буряків — 10–12, кукурудзи МВС — 17–23, гороху — 5–6, конюшини — 7–8 і ячменю ярого — 7–9%. Отже, для виробництва пропонується короткоротаційна сівозіміна: 1 — кукурудза; 2 — пшениця озима (ячмінь ярий); 3 — цукрові буряки. За поліпшення поживного і водно-повітряного режимів та оптимізації сівозмінного чинника очікувана продуктивність чорнозему типового у Правобережному Лісостепу буде на рівні 12 т к. од./га.

**Ключові слова:** лісостепова зона, кліматичні зміни, стаціонарний дослід, система удобрення, умови зволоження, коефіцієнт варіації, біопродуктивність, зрошення.

**Постановка проблеми.** Опрацювання сучасних виробничих систем з ефективним використанням усіх складових агресурсного потенціалу сільськогосподарської території в оптимальному їх поєднанні потрібно розпочинати з оцінки значення основних чинників у формуванні біопродуктивності агроecosистем [1–4]. Особливо це стосується агрокліматичних ресурсів, а саме гідротермічних умов, які

в останні десятиріччя істотно змінилися як у глобальному масштабі [5], так і на території України [6,7].

Якщо в Степу такі зміни призводять до зниження сприятливості умов вирощування усіх польових культур [8, 9], то в гумідній зоні із зменшенням ГТК можна очікувати позитивні тенденції в продуктивності сільськогосподарських угідь [10, 11]. В умовах лісостепової зони,

з великим спектром вірогідності прояву сприятливих і несприятливих гідротермічних умов, вказані тенденції дають підстави очікувати підвищення варіабельності або нестабільності продуктивності посівів і прибутковості аграрного виробництва [12].

Таке положення зумовлює необхідність уточнення потенціалу біопродуктивності сільськогосподарських регіонів Лісостепу як на фоні природної родючості основних типів ґрунтів, так і за активізації різних чинників інтенсифікації землеробства. Здійснюється це з використанням інформаційної бази стаціонарних агротехнічних дослідів, що дають змогу на основі багаторічних урожайних даних, отриманих на різних варіантах агротехнологій, оцінити значення оптимізації окремих факторів, і зокрема фактора поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту [13]. В свою чергу за змінних погодних умов це дасть змогу обґрунтувати доцільність відновлення і розширення зрошувальних меліорації, зокрема у лісостеповій зоні. Адже станом на 1994 р. в Україні площа зрошуваних земель становила 2604,9 тис. га, з них у лісостеповій зоні зрошувальною мережею охоплювалося 791,8 тис. га, зокрема в Київській області — 43,9 тис. га [14, 15].

**Постановка завдання.** На основі багаторічних урожайних даних польового дослідів встановити природний потенціал біопродуктивності чорнозему типового глибокого малогумусного, а також оцінити значення підвищення рівнів живлення і зволоження в умовах правобережної лісостепової частини Київської області.

**Матеріали та методи дослідження.** Оцінювання кліматичних змін здійснювали на основі значень кліматичного водного балансу (КВБ) і гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Для вирішення поставлених завдань використовували багаторічні гідротермічні показники по метеостанції у Білій Церкві.

Дослідження проводилися на інформаційній базі стаціонарного агротехнічного дослідів Білоцерківський дослідно — селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН [16]. Ґрунт — чорнозем типовий глибокий мало гумусний крупнопилувато — легкосуглинковий із вмістом гумусу 3,6–4,1%, рухомих фосфору і калію (за Чириковим) — відповідно 13–15 і 5–7, азоту лужногідролізованого (за Корнфілдом) 12–14 мг/100 г ґрунту.

Сівозміна: 1 — конюшина; 2 — пшениця озима; 3 — цукрові буряки; 4 — горох; 5 — пшениця озима; 6 — цукрові буряки; 7 — кукурудза на зелений корм; 8 — пшениця озима; 9 — цукрові буряки; 10 — ячмінь. Обробіток ґрунту

різноглибинний комбінований: глибока на 28–30 см оранка під цукрові буряки, на 20–25 — під кормові, мілкий обробіток під зернові (12–15 см). Порівнювалися системи удобрення: 1 — контроль; 2 —  $N_{50}P_{66}K_{66} + 8$  т/га гною; 3 —  $N_{50}P_{66}K_{66} +$  побічна продукція.

Природний фон родючості встановлюється на варіантах без добрив за показниками середньої за роками врожайності культур. Максимальний рівень продуктивності посівів на цьому фоні у найсприятливіший за історію ведення дослідів рік відіграє роль поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту. Середня за роки досліджень урожайність за тривалого застосування органічних і мінеральних добрив свідчить про покращення поживного режиму ґрунтового покриву. Максимальна продуктивність культур на фонах тривалого застосування добрив імітує одночасну оптимізацію умов вологозабезпечення і живлення рослин.

Для порівняльного оцінювання продуктивності культур і сівозмін використовували показник кормової цінності — кормова одиниця (к.од.) [17]. Для оцінки розмаху коливань урожайності культур і продуктивності сівозміни за роками застосовували коефіцієнт варіації, що групується відповідно до прийнятої шкали: менше 15% — низький; 15–30 — середній; понад 30% — високий [18].

**Виклад основного матеріалу.** Клімат регіону відрізняється достатнім рівнем забезпечення тепловими ресурсами та нестійким зволоження. Середньорічна температура повітря за 1991–2018 рр. становить 9°C і постійно зростає з трендом від 8 до 10°C. За останні 10 років її значення лише у двох випадках знижувалось нижче 9,5°C. Середньорічна кількість опадів за 1991–2018 рр. становить 615 мм.

Протягом січня–квітня в середньому випадає щомісячно 35–40 мм опадів, що в сумі сягає близько 150 мм. За цей період потенційне сумарне випаровування становить в середньому близьку величину — 140 мм. Але на кінець травня потенційне випаровування (наростаючим підсумком) в середньому переважає обсяги вологи, що надходить з опадами сумарно з початку року на 33 мм, а на кінець червня дефіцит вологи вже становить 70 мм, а липня — 127 мм. Це свідчить про те, що для формування оптимального рівня продуктивності ранніх культур необхідно забезпечити додаткове надходження вологи в межах 1100–1300 тис. м<sup>3</sup>/га. До кінця вегетації пізніх культур (серпень–вересень) через значний рівень випаровування дефіцит зволоження ще зростає і досягає 165–175 мм. Загалом у регіоні, у зв'язку із збереженням тенденції до підвищення температурного режиму, динаміка кліматичного водного балансу

(КВБ) спрямована у бік погіршення умов зволоження (рис. 1).

Для оцінки умов зволоження вегетаційного періоду також використовують і гідротермічний коефіцієнт (ГТК — відношення суми опадів до суми активних температур повітря). Якщо на початку 90-х років минулого століття ГТК вегетаційного періоду в середньому становив 1,4 і відповідав умовам достатнього зволоження, то за останні 4 роки не перевищував 1, що відповідає посушливим умовам. Окрім того, за 1991–2018 рр. в регіоні у 32% випадків, тобто 3 роки із десяти, спостерігаються сильно та середньопосушливі умови вегетаційного періоду (табл. 1).

З практичної точки зору, основним критерієм родючості ґрунтів при всіх її складових є величина врожаю сільськогосподарських культур як функції природних і набутих властивостей, зумовлених складною системою ґрунтових процесів, які регулюються цілеспрямованою діяльністю людини. Динаміку врожайності культур сівозміни аналізували на контролі без дорив і на фоні органо-мінеральної системи удобрення із використанням на добриво побічної частини врожаю. Ці варіанти досліду

імітують рослинницьку спеціалізацію аграрного виробництва. Поєднання 8 т/га гною і мінеральних добрив характерне для змішаної тваринницько-рослинницької галузевої структури з навантаженням одна умовна голова великої рогатої худоби на гектар.

*Озима пшениця після конюшини.* На фоні без добрив врожайність пшениці озимої після конюшини упродовж 18 років коливалася від 20 до 56 ц/га із середнім значенням 40,5 ц/га. При цьому кількість років нижче середнього рівня становить 8 проти 10 більш сприятливих (рис. 2). Середня продуктивність посівів пшениці озимої за тривалого застосування мінеральних добрив як на фоні соломи на добриво, так і на фоні гною виявилася однаковою — 46 ц/га. Максимальну врожайність цієї культури встановлено за органо-мінеральної системи удобрення з поєднанням соломи і НРК — майже 64 ц/га. Отже, на природному фоні родючості вихід зерна максимально до середнього у найсприятливіший рік зростає на 38%, при застосуванні добрив — на 28% (табл. 2).

Коефіцієнт варіації її врожайності перебуває у межах середнього рівня з тенденцією до зниження на удобрених фонах (табл. 3). Тобто,

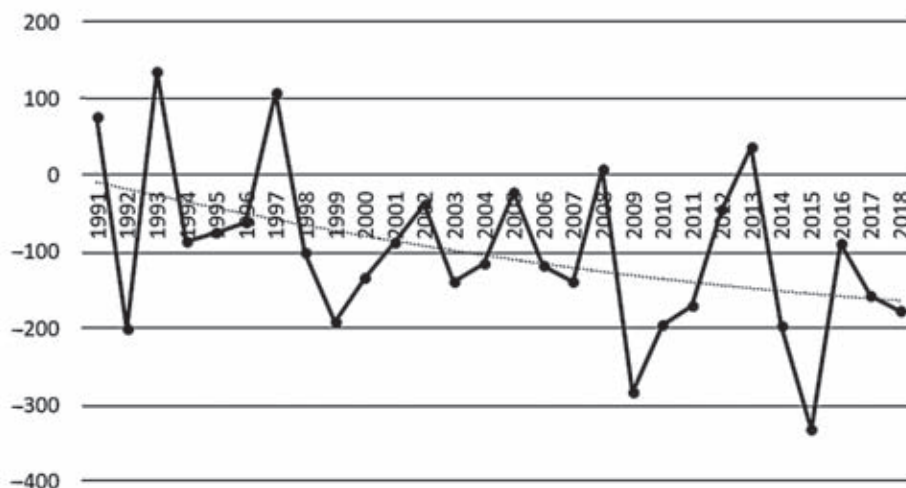


Рис. 1. Динаміка річного КВБ за 1991–2018 рр., мм

Таблиця 1

Частота повторень різних рівнів зволоження вегетаційного періоду (квітень–вересень) за 1991–2018 рр.

ГТК	Ступінь посушливості	Частота, %
Менше 0,7	Сильнопосушливий	7
0,71–1,00	Середньопосушливий	25
1,01–1,20	Слабке зволоження	25
1,21–1,80	Достатнє зволоження	43

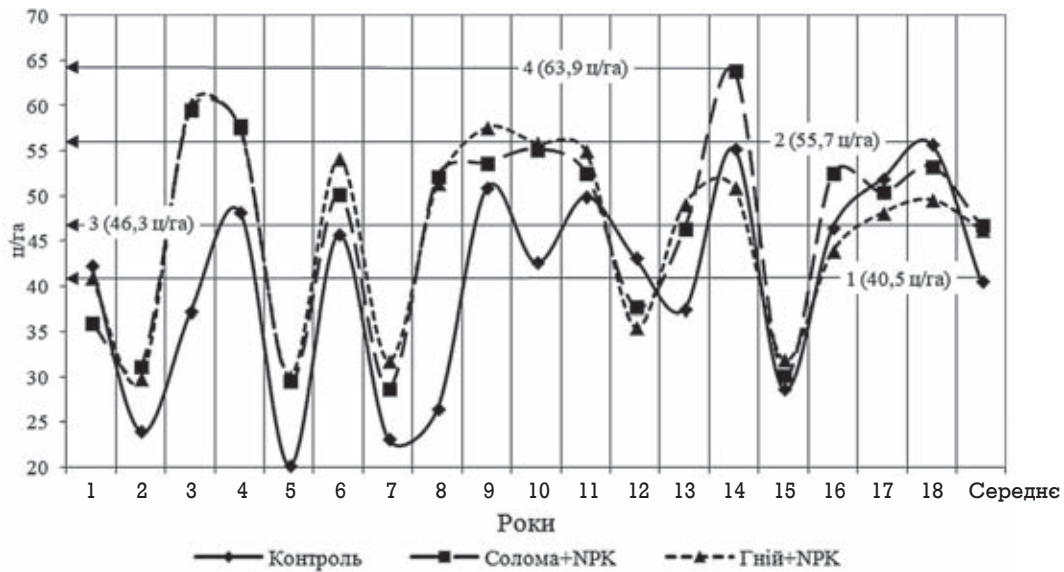


Рис. 2. Коливання врожайності пшениці озимої після конюшини та оптимізація режимів: 1 — природний фон; 2 — зволоження; 3 — живлення; 4 — зволоження і живлення

Таблиця 2

Середні й максимальні рівні врожайності культур та продуктивність сівозміни за різних систем удобрення

Культура		Контроль			Солома + NPK			Гній + NPK		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Конюшина	ц/га	216	307	3	271	380	2	260	380	3
	ц к. од./га	38,9	55,3	0	48,9	68,4	9	46,8	68,4	2
Пшениця озима	ц/га	41,5	55,7	2	46,7	63,9	2	46,8	60,2	2
	ц к. од./га	46,8	62,9	6	52,8	72,2	7	52,9	68,0	2
Буряки цукрові	ц/га	253	375	3	364	469	2	371	469	2
	ц к. од./га	53,1	78,8	3	76,4	98,5	2	78,0	98,5	1
Горох	ц/га	23,4	30,9	2	29,7	38,7	2	30,4	40,7	2
	ц к. од./га	27,3	36,2	4	34,7	45,3	3	35,5	47,6	5
Пшениця озима	ц/га	42,1	55,0	2	49,8	61,2	1	48,8	64,6	2
	ц к. од./га	49,2	64,4	4	58,3	71,6	9	57,1	75,6	4
Буряки цукрові	ц/га	236	358	3	362	470	2	372	499	2
	ц к. од./га	49,6	75,2	4	76,0	98,7	3	78,1	104,8	5
Кукурудза	ц/га	374	713	4	519	737	3	505	630	2
	ц к. од./га	89,8	171,1	8	124,5	176,9	0	121,2	151,2	0
Пшениця озима	ц/га	36,4	61,7	4	50,3	70,4	2	49,5	75,4	3
	ц к. од./га	42,6	72,2	1	58,8	82,4	9	57,9	88,2	4
Буряки цукрові	ц/га	196	354	4	335	508	3	336	509	3
	ц к. од./га	41,0	74,3	5	70,4	106,7	4	70,6	106,9	4
Ячмінь	ц/га	27,7	53,3	4	38,5	57,6	3	36,2	53,6	3
	ц к. од./га	34,4	66,1	8	47,8	71,4	3	44,9	66,5	2
Продуктивність сівозміни, ц к. од./га		47,3	75,6	3 7	64,9	89,2	2 7	64,3	87,6	2 7

Примітка: 1 — середня врожайність і продуктивність; 2 — максимальна врожайність і продуктивність; 3 — відсоток зростання до середнього.



Коефіцієнти варіації врожайності культур сівозміни, %

Культура	Контроль	Солома + NPK	Гній + NPK
Конюшина	31	24	32
Горох	28	23	25
Кукурудза МВС	37	23	21
Пшениця озима після конюшини	28	24	23
Пшениця озима після гороху	19	16	22
Пшениця озима після кукурудзи	39	30	30
Буряки цукрові 1	39	16	17
Буряки цукрові 2	37	23	24
Буряки цукрові 3	41	23	30
Ячмінь	46	27	27

стабілізувати продуктивність посівів пшениці озимої після конюшини на рівні 6 — 7 т/га в даних умовах можна способом оптимізації водно-повітряного і поживного режимів ґрунту.

*Пшениця озима після гороху.* Коливання врожайності пшениці озимої після гороху залежно від погодних умов на природному фоні родючості також досить значні — від 28 до 55 ц/га з середнім значенням 42,1 ц/га. Причому 9 з 14 років продуктивність посівів цієї культури була нижче середньої за максимального рівня 55 ц/га. Її середня врожайність за обох органо-мінеральних систем удобрення є одного рівня — 50 ц/га при максимальному значенні 65 ц/га на фоні тривалого застосування соломи і NPK. Загалом це відповідає аналогічним показникам озимої пшениці по конюшині за винятком значно нижчого коефіцієнта варіації врожайності за роками, що майже відповідає низькому рівню. При цьому слід відзначити, що як на контролі без добрив, так і на удобрених фонах у результаті поліпшення умов зволоження в найсприятливішому році вихід зерна зростає до середнього рівня на 24%.

*Озима пшениця по кукурудзі МВС.* На відміну від бобових попередників на варіанті без добрив пшениця озима по кукурудзі забезпечує помітно нижчу середню за роками врожайність — 36,4 ц/га порівняно з 41–42 ц/га. Однак у сприятливих умовах зволоження кукурудза як попередник значно переважає конюшину і горох — майже 62 ц/га порівню з 55 ц/га. Те саме стосується удобрених фонів. Середня врожайність за обох органо-мінеральних систем удобрення сягає на рівня 50 ц/га при максимальному значенні у найсприятливіший рік 75 ц/га порівняно з 65 ц/га після бобових культур. Отже, на фоні

без добрив поліпшення умов зволоження дає змогу підвищити врожайність культури до середньої на 42%, за органо-мінеральних систем удобрення на 33%.

Коефіцієнт варіації врожайності пшениці озимої після кукурудзи виявився значно вищим порівняно з конюшиною і горохом, особливо на контролі без добрив зі значенням 39%, що відповідає високому рівню. Така нестабільність продуктивності посівів цієї культури свідчить про особливу необхідність регулювання умов зволоження після кукурудзи, особливо на фоні без застосування добрив. (табл. 3).

*Буряки цукрові у ланці з конюшиною.* На природному фоні родючості врожайність буряків цукрових після конюшини коливається за роками від 100 до 375 ц/га із середнім показником 248 ц/га. Це свідчить про те, що в найсприятливіші за зволоженням роки врожайність цієї культури до середньої зростає на 44%. В більшості років система удобрення гній + NPK за врожайністю переважала систему солома + NPK при однаковому середньому рівні 370 ц/га.

Максимальні значення продуктивності посівів буряків цукрових за цими системами також були однаковими на рівні 470 ц/га. Отже, одночасне поліпшення поживного і водно-повітряного режимів дає змогу збільшити врожайність буряків цукрових у ланці з конюшиною і пшеницею озимою на 21%. За порівняння з контролем (44%) це може свідчити про те, що досліджувані системи удобрення потребують уточнення.

Коефіцієнт варіації врожайності буряків цукрових на варіанті без добрив є високим — 39%. Органічні і мінеральні добрива зменшують цей показник майже до низького рівня — 15–17%.

*Буряки цукрові у ланці з горохом.* На природному фоні родючості без добрив врожайність буряків цукрових після гороху коливається від 70 до 360 ц/га із середнім значенням 236 ц/га. Тобто поліпшення умов зволоження дає змогу підвищити продуктивність цієї культури в ланці з горохом і пшеницею озимою в 1,5 раза, або на 44%. У цій ланці при систематичному застосуванні органо-мінеральних систем удобрення врожайність буряків цукрових коливається в межах 207–499 ц/га на фоні «гній + NPK» та в межах 227–470 ц/га на фоні «солома + NPK» за середніх значень відповідно 372 і 362 ц/га. Отже, у найсприятливішому за зволоженням році продуктивність культури збільшується лише на 25% при 44% на контролі.

Варіація врожайності буряків цукрових на природному фоні родючості є високою і становить 37%, при застосуванні органічних і мінеральних добрив вона знижується до середньої — 23%, що свідчить про високу їх стабілізовану дію за змінних погодних умов.

*Буряки цукрові у ланці з кукурудзою.* Врожайність коренів буряків цукрових після кукурудзи на контролі без добрив коливалася у межах 97–354 ц/га із середнім значенням 195 ц/га. На удобрених фонах ці показники відповідно становить 94–509 та 336 ц/га. Тобто поліпшення умов зволоження у ланці з кукурудзою дає змогу збільшити вихід коренеплодів на природному фоні родючості на 45%, за органо-мінеральної системи удобрення — на 34%.

Коефіцієнт варіації врожайності буряків цукрових після кукурудзи на контролі є високим і становить 41%, по органо-мінеральним фонам середнім — 23% за поєднання соломи і NPK та 30% за поєднання гною і NPK.

Загалом, порівнюючи за середньою за роками продуктивністю поля буряків цукрових в різних ланках сівозміни, потрібно відзначити перевагу бобових попередників як на природному фоні родючості, так і при систематичному застосуванні добрив. У найсприятливіші за зволоженням роки на контролі без застосування добрив як попередник переважає конюшина, під час застосування добрив — горох і кукурудза. Слід також відзначити рівноцінну ефективність на буряках цукрових гною і соломи як з погляду зростання врожайності, так і підвищення стабільності продуктивності за змінних погодних умов.

*Багаторічні трави.* Врожайність конюшини на контролі без добрив коливається у межах 117–307 ц/га зеленої маси з середнім значенням 216 ц/га. У більшості років досліджень за ефективністю солома переважає гній,

хоча середні показники продуктивності культури є близькими, відповідно 271 та 260 ц/га, а максимальні однакові — 380 ц/га. Таке становище пояснюється рівнем варіації врожайності, який на фоні соломи є середнім — 24%, на фоні гною високим — 32% при 31% на контролі.

У найсприятливішому році як на природному фоні, так і за систематичного застосування добрив вихід зеленої маси конюшини зростає до середнього на 30%. Порівняно з іншими культурами сівозміни це може свідчити про відсутність обмежувальної дії дефіциту азоту на цю бобову культуру за поліпшення умов зволоження.

*Горох.* Вирощування гороху без добрив в умовах регіону дає змогу отримувати від 12,2 до 30,9 ц/га зерна з середнім рівнем 23,4 ц/га. На удобрених фонах соломи і гною врожайність культури є близькою і коливається у межах 17–41 ц/га із середніми значеннями відповідно 30,4 та 29,7 ц/га. Тобто на природному фоні родючості за поліпшення умов зволоження урожайність гороху зростає на 24%, а під час систематичного застосування органо-мінеральних систем удобрення — на 27%. Як і на конюшині, такий стан може свідчити про незалежність бобових культур від дефіциту доступних форм азоту в ґрунті. При цьому коефіцієнт варіації врожайності гороху за роками на контролі становить 28%, під час застосування добрив знижується до 23–25%.

*Кукурудза МВС.* Врожайність кукурудзи на зелену масу на контролі без добрив коливається в межах 190–713 ц/га з середнім значенням 374 ц/га. На варіанті поєданого застосування соломи і мінеральних добрив ці показники відповідно становлять 252–737 і 519 ц/га, за поєднання гною і NPK — 265–630 і 505 ц/га. Тобто ця культура значно краще сприймається поліпшення умов зволоження порівняно з рівнем живлення. Хоча коефіцієнт варіації виходу зеленої маси цієї культури під час застосування добрив знижується з високого рівня — 37% до середнього — 21–23%.

*Ячмінь ярий.* Урожайність ячменю на контролі без добрив коливається від 10,0 до 53,3 ц/га в найсприятливішому році з середнім показником 27,7 ц/га. За поєднання гною і мінеральних добрив максимальне значення, як і на природному фоні родючості, також сягає 53,3 ц/га при середньому рівні 36,2 ц/га. На фоні поєданого застосування соломи і NPK максимальний вихід зерна становить 57,6 ц/га при середньому значенні — 38,5 ц/га. Це може свідчити про те, що продуктивність посівів ячменю, як і кукурудзи, значно більше залежить від умов зволоження, ніж від рівня живлення рослин.

Коефіцієнт варіації врожайності ячменю ярого на природному фоні родючості за роками виявився найвищим серед інших культур сівозміни — 46%. Органо-мінеральні системи знижують цей показник до середнього рівня — 27%.

Отже, попередній аналіз врожайних даних по культурах сівозміни свідчить, що фактор поліпшення умов зволоження більшою мірою впливає на продуктивність посівів, ніж поліпшення поживного режиму ґрунту. Це видно за порівняння коливання середніх і максимальних обсягів виходу продукції на контрольному й удобрених варіантах досліду. Однією з причин такого стану може бути дефіцит одного з елементів живлення рослин. З огляду на те, що відсоток збільшення середньої до максимальної врожайності бобових культур за варіантами досліду практично одного рівня, можна припустити наявність дефіциту саме азоту.

Необхідно також відзначити дуже близькі показники врожайності усіх культур сівозміни на фонах поєднання гною і мінеральних добрив та соломи і NPK ( $R^2 = 0,8-0,9$ ). Це також може свідчити на користь припущення про наявність певного фактора що обмежує продуктивність рослин. Тобто за усунення лімітуючих чинників живлення рослин рівень біопродуктивності культур і сівозміни загалом може бути значно вищим порівняно з показниками, отриманими у досліді.

З вирощуваних у сівозміні культур в перерахунку на кормові одиниці найвищою продуктивністю вирізняється кукурудза на усіх досліджуваних фонах удобрення. Так, на контролі без добрив ця культура забезпечує середній вихід 90 ц к. од./га, максимальний рівень

в найсприятливіший рік, що імітує зрошення, досягається за поєднання соломи і мінеральних добрив — 180 ц к. од./га (рис. 3).

На природному фоні родючості вищим середньою продуктивністю серед інших культур вирізняються пшениця озима і буряки цукрові після конюшини і гороху (47–53 ц к. од./га), що також може свідчити про лімітувальний фактор азотного живлення у цих умовах. Максимальний рівень продуктивності на контролі в найсприятливішому році відзначається на буряках цукрових після усіх попередників (74–79 ц к. од./га) та на пшениці озимій після кукурудзи (72 ц к. од./га).

На удобрених варіантах середнім за роками виходом кормових одиниць з гектара вирізнялась пшениця озима після гороху і кукурудзи, буряки цукрові після кукурудзи. Максимальні рівні продуктивності у сприятливіших умовах зволоження відзначаються на цих самих культурах після кукурудзи на зеленому кормі. Отже, в умовах зрошення для впровадження на виробництві за його тваринницької спеціалізації та за органо-мінеральної системи удобрення можна запропонувати сівозміну (див. рис. 3): 1 — кукурудза на зеленому кормі; 2 — пшениця озима; 3 — буряки цукрові з продуктивністю 122 ц к. од./га (рис. 4).

За рослинницької спеціалізації з вирощуванням ліквідних культур без кормових сівозміна: 1 — горох; 2 — пшениця озима; 3 — буряки цукрові на зрошенні буде мати продуктивність у 80 ц к. од./га. Якщо припустити дозрівання кукурудзи МВС з коефіцієнтом перерахунку на зерно 0,12 [4], то його вихід з 737 ц/га зеленої маси буде становить 89 ц/га, або 120 ц к. од./га. В сівозміні: 1 — ячмінь ярий;

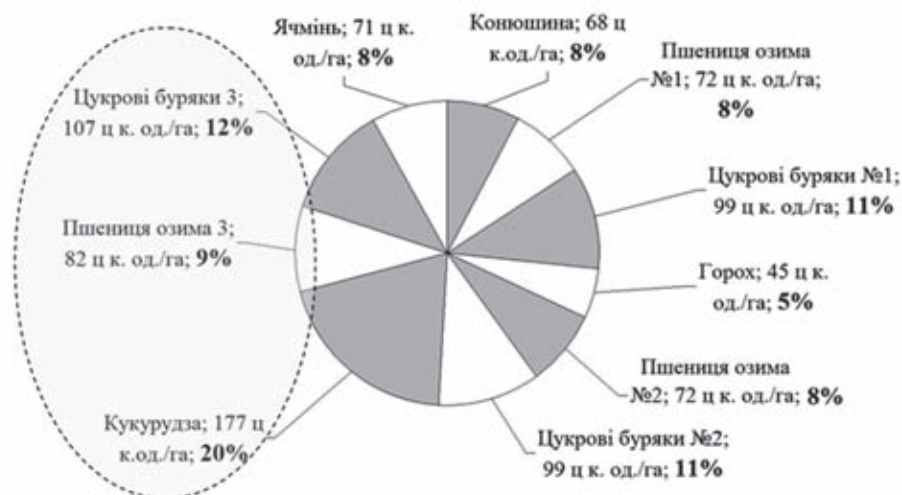


Рис. 3. Частка культур у продуктивності сівозміни на фоні солома + NPK у сприятливих умовах зволоження

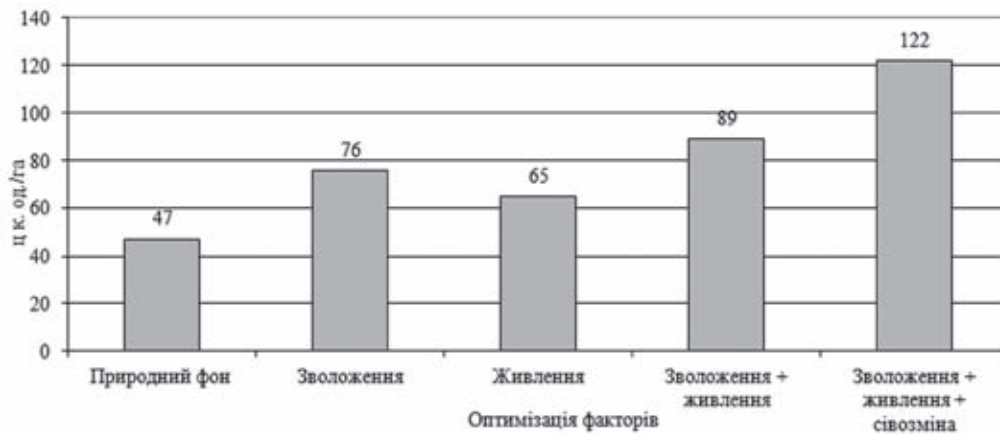


Рис. 4. Потенціал продуктивності чорнозему типового глибокого малогумусного в Правобережному Лісостепу за оптимізації різних факторів

2 — буряки цукрові; 3 — кукурудза на зерно можна буде отримувати близько 100 ц к. од./га.

**Висновки.** Проведений аналіз показав, що за останні десятиліття у Правобережному Лісостепу відбулися значні кліматичні зміни в бік погіршення умов зволоження. Таке становище супроводжується значними коливаннями врожайності культур і продуктивності сівозміни за роками. Так, на природному фоні родючості чорнозему типового глибокого малогумусного забезпечується її продуктивність на рівні 50 ц к. од./га (з варіацією 35%) з середньою за роками досліджень врожайністю по культурах: пшениця озима по конюшині — 41,5 ц/га (28%), по гороху — 42,1 ц/га (19%), по кукурудзі — 36,4 ц/га (39%), буряки цукрові у ланці з кукурудзою — 200 ц/га (41%), у ланці з бобовими — 250 ц/га (37 — 39%), кукурудза — 370 ц/га (37%), конюшина — 220 ц/га (31%), горох — 23,4 ц/га (28%), ячмінь — 27,7 ц/га (46%).

На удобрених фонах продуктивність сівозміни зростає до 65 ц к. од./га з коефіцієнтом варіації 23–25%. За сприятливих умов живлення і зволоження максимально ці показники сягають: пшениця озима за різних систем удобрення і бобових попередників на рівні — 60–65 ц/га, після кукурудзи — 70–75 ц/га, буряки цукрові — 470–510 ц/га, кукурудза — 740 ц/га, конюшина — 380 ц/га, горох — 40 ц/га, ячмінь — 58 ц/га з середньою за культурами продуктивністю 10-пільної сівозміни на рівні 90 ц к. од./га. Вихід кормових одиниць в коротко-ротаційній 3-пільній сівозміні можна очікувати на рівні 120 ц/га. Все це свідчить, що в умовах існуючих кліматичних змін навіть в лісостеповій зоні для істотного підвищення продуктивності й сталості землеробства, і загалом аграрного виробництва потрібно відновити та розширити відповідно до наявних в регіоні водних ресурсів зрошувальні меліорації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розробка ґрунтозахисних ресурсо- та енергозберігаючих систем ведення сільськогосподарського виробництва з використанням комп'ютерного програмного комплексу. Рекомендації. Київ: Нора-Друк, 2002. 122 с.
2. Біоенергетичні зрошувані агроєкосистеми. Київ: ДІА, 2010. 86 с.
3. Рекомендації з формування біоенергетичних агроєкосистем. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва (Лівобережний Лісостеп). Київ: ДІА, 2010. 156 с.
4. Формування біоенергетичних агроєкосистем в зоні Полісся України. (Рекомендації). Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва Лівобережного Полісся. Київ: ДІА, 2012. 248 с.
5. North-Eurasian Climate Center — Review of the state of climate change for 2016 (January-December).
6. Ромащенко М.І. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами в умовах глобальних кліматичних змін. Збірка наукових праць, присвячена Міжнародному року ґрунтів та Міжнародному дню ґрунту, який відзначають щорічно 5 грудня «Ґрунти та меліорація: минуле і майбутнє». Київ, 2015. С. 11–16.
7. Тараріко Ю.О., Сайдак Р.В., Сорока Ю.В., Вітвіцький С.В. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами та обсягами використання сільськогосподарських меліорацій. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 62 с.
8. Наукові засади розвитку аграрного сектору економіки південного регіону України / За науковою редакцією: М.І. Ромащенко, Р.А. Вожегової, А.П. Шатковського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 438 с.



9. Методичні рекомендації з планування зрошення на територіях з урахуванням змін клімату та моделей аграрного виробництва. Київ, 2015. 54 с.
10. Меліорація та облаштування українського Полісся (колективна монографія) за ред. д.г.-с.н., професора, акад. НААН Я.М. Гадзала, д.т.н., професора, член.кор. НААН В.А. Сташука, д.т.н. професора А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. Т. 2. 854 с.
11. Меліоровані агроекосистеми. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2017, 696 с.
12. Тараріко Ю.О., Сорока Ю.В., Сайдак Р.В., Лукашук В.П. Стан та перспективи розвитку аграрного виробництва в Лісостепу в умовах змін клімату. Вісник аграрної науки. 2019. № 6. С. 52–59.
13. Стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів. Київ: Аграр. наука, 2014. 146 с.
14. Наличие и распределение земельного фонда в Украинской ССР. Киев: ГОСАГРОПРОМ УССР. Управление землепользования и землеустройства. 1987.
15. Державний земельний кадастр України. Київ: Державний комітет України по земельних ресурсах. 1994. Довгострокові стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів. Харків; Вид. «Друкарня №13», 2006. 120 с.
16. Довгострокові стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів. Харків: Вид. «Друкарня №13», 2006. 120 с.
17. Карпусь М.М., Карпович С.І. та ін. Довідник поживності кормів; за ред. М.М. Карпуся. Київ: Урожай, 1988. 400 с.
18. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высш. шк., 1990. 352 с.

**Інформація про авторів**

**Тараріко Юрій Олександрович** — доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, професор, завідувач відділення агресурсів та інформаційних технологій, Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (вул. Васильківська, 37 м. Київ, 03022, Україна; e-mail: urtar@bigmir.net).

**Цвей Ярослав Петрович** — доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач лабораторії агроєкомоніторингу і проблем землеробства Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна; e-mail: tsvey\_isb@ukr.net).

**Личук Ганна Іванівна** — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач сектору підготовки наукових кадрів Національного наукового центру Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України (вул. Машинобудівників 26, смт. Чабани, 08162, Україна; e-mail: aspirant.nnciz@gmail.com).

Ur.O. Tarariko  
 Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
 Head of Agro Resources and Information Technologies Department  
 Institute of Water Problems and Reclamation  
 of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
 (Ukraine, Kyiv; e-mail: urtar@bigmir.net)

Ya.P. Tsvei  
 Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
 Head of the Laboratory of Agroecological Monitoring and Problems  
 Agriculture Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets  
 of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
 (Ukraine, Kyiv; e-mail: tsvey\_isb@ukr.net)

A.I. Lychuk  
 Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher  
 Head of the Scientific Training Department  
 National Scientific Centre Institute of Agriculture  
 of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
 (Ukraine, Chabany; e-mail: aspirant.nnciz@gmail.com)

**THE POTENTIAL OF BIOPRODUCTIVITY OF IRRIGATED AGRICULTURAL SYSTEMS  
 IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE ZONE**

*It has been shown that in the forest-steppe zone, the irrigation network covered almost 0.8 million hectares in the early 1990s. Due to climate change, there was a need to justify the feasibility of restoring*

and expanding irrigation land. Subject of research — information base of stationary experience (1973). The goal is to evaluate the bioproductive potential of agroecosystems, including irrigated ones, in the Right-Bank Forest Steppe. Methods. Climate change assessment was performed on the basis of Climate Water Balance (CWB) and Hydrothermal Coefficient (HTC) values, crop yields and crop rotation productivity were determined by field experiments. It was found that the impact on crop yields of all crop rotation long-term use of straw with NPK and manure with NPK was equivalent to an increase in crop rotation productivity from 4.7 on a natural background to 6.4 t f.u./ha or 27%. In the most favorable years, imitating close to the optimum level of humidification, the crop rotation productivity on the control increases to 7.6 t f.u. / ha or 37%, against the background of «Straw + NPK» — to 8.9 t f.u./ha or by 33% and against the background of «Manure + NPK» — to 8.8 t f.u./ha or 32%. Fertilizers reduce the coefficient of variation of crop yields from high — 35% to medium — 23–25%. In the total crop rotation productivity, the share of winter wheat ranges from 8–10%, sugar beet — 10–12%, corn MWM — 17–23%, peas — 5–6%, clover — 7–8% and spring barley — 7–9%. So, short-rotation crop rotation is offered for production: 1 — corn; 2 — winter wheat (spring barley); 3 — sugar beets. With the improvement of nutritional and water regimes and optimization of crop rotation factor, the expected productivity of typical black soil in the Right-Bank Forest Steppe will be at the level of 12 t f.u./ha.

**Keywords:** forest-steppe zone, climate change, stationary experiment, fertilizer system, wetting conditions, coefficient of variation, bioproductivity, irrigation.

### REFERENCES

1. Rozrobka gruntovokh resurso- ta energozberihayuchykh system vedennya sil'skohospodars'koho vyrobnytstva z vykorystanniam komp'yuternoho prohramnoho kompleksu. (2002). [Development of soil protection resource and energy saving systems for agricultural production using a computer software complex]. *Rekomendatsiyi [Recommendations]*. Kyiv: Nora-Print, 122 (In Ukr.).
2. Bioenerhetychni zroshuvani ahroekosystemy. (2010). [*Bioenergy irrigated agroecosystems*]. Kyiv: DIA, 86. (In Ukr.).
3. Rekomendatsiyi z formuvannya bioenerhetychnykh ahroekosystem. Naukovo-tekhnologichne zabezpechennya ahrarynoho vyrobnytstva (Livoberezhnyy Lisostep). (2010). [*Recommendations for the formation of bioenergy agroecosystems. Scientific and technological support of agricultural production (Left Bank Forest Steppe)*]. Kyiv: DIA, 156. (In Ukr.).
4. Formuvannya bioenerhetychnykh ahroekosystem v zoni Polissya Ukrayiny. (Rekomendatsiyi). Naukovo-tekhnologichne zabezpechennya ahrarynoho vyrobnytstva Livoberezhnoho Polissya. (2012). [*Formation of bioenergy agro-ecosystems in the Polesie region of Ukraine. (Recommendations). Scientific and technological support of agricultural production of the Left Bank Polissya*]. Kyiv: DIA, 248. (In Ukr.).
5. North-Eurasian Climate Center — Review of the state of climate change for 2016 (January-December).
6. Romashchenko M.I. (2015). Rayonuvannya terytoriyi Ukrayiny za rivnem zabezpechenosti hidrottermichnykh resursamy v umovakh hlobal'nykh klimatychnykh zmin. [Zoning of the territory of Ukraine by the level of provision of hydrothermal resources in the conditions of global climate change]. *Zbirka naukovykh prats', prysvyachena Mizhnarodnomu roku gruntiv ta Mizhnarodnomu dnyu gruntu, yakyy vidznachayut' shchorichno 5 hrudnya «Grunty ta melioratsiya: mynule i maybutnye» [A collection of scientific papers dedicated to the International Soil Year and International Soil Day, celebrated annually on December 5, «Soils and reclamation: past and future»]*. Kyiv: 11–16. (In Ukr.).
7. Tarariko Yu.O., Saydak R.V., Soroka Yu.V., Vitvits'kyi S.V. (2015). Rayonuvannya terytoriyi Ukrayiny za rivnem zabezpechenosti hidrottermichnykh resursamy ta obsyahamy vykorystannya sil'skohospodars'kykh melioratsiy [Zoning of the territory of Ukraine by the level of provision of hydrothermal resources and volumes of utilization of agricultural land reclamation]. Kyiv: SP «Kompyrnt». 62. (In Ukr.).
8. Naukovi zasady rozvytku ahrarynoho sektora ekonomiky pviddennoho rehionu Ukrayiny (2017). [Scientific bases of development of agrarian sector of economy of the southern region of Ukraine]. Romashchenko M.I., Vozhehova R.A., Shatkovsky A.P. (Ed.). Kherson: Oldie-Plus. 438. (In Ukr.).
9. Metodychni rekomendatsiyi z planuvannya zroshennya na terytoriyakh z urakhuvanniam zmin klimatu ta modeley ahrarynoho vyrobnytstva (2015). [Methodical recommendations for irrigation planning in the territories in the light of climate change and agricultural production models]. Kyiv: 54. (In Ukr.).
10. Melioratsiya ta oblashtuvannya ukrayyns'koho Polissya (kolektyvna monohrafiya). (2018). [Reclamation and arrangement of the Ukrainian Polissya (collective monography)]. PhD, Professor, Acad. NAAN Hadzalo Ya.M., Ph.D., Professor, Member. — cor. NAAN Stashuk V.A., Ph.D. of Professor Rokocinski A.M. [Ed.]. Kherson: Aldi-Plus. T.2. 854. (In Ukr.).
11. Meliorovani ahroekosystemy (2017). [Reclaimed agroecosystems]. Nizhyn: Publisher PP Lysenko M.M. 696. (In Ukr.).
12. Tarariko, Yu.O., Soroka, Yu.V., Saydak, R.V., Lukashuk V.P. (2019). Stan ta perspektyvy rozvytku ahrarynoho vyrobnytstva v Lisostepu v umovakh zmin klimatu [State and prospects of development

- of agricultural production in the forest-steppe in the conditions of climate change] *Visnyk ahrarnoyi nauky [Bulletin of agrarian science]*. № 6. 52–59. (In Ukr.).
13. Statsionarni pol'ovi doslidy Ukrayiny. Reyestr atestativ. (2014). [Stationary field experiments of Ukraine. Register of certificates]. *Ahrar. Nauka [Agrarian. Science]*. Kyiv 146. (In Ukr.).
  14. Nalichiye i raspredeleniye zemel'nogo fonda v Ukrainskoy SSR. (1987). [The presence and distribution of the land fund in the Ukrainian SSR]. *Upravleniye zemlepol'zovaniya i zemleustroystva [Office of land use and land management]*. Kyiv: STATEAGROINDUSTRY USSR. (In Ukr.).
  15. Derzhavnyy zemel'nyy kadastr Ukrayiny [State Land Cadastre of Ukraine]. (1994). *Derzhavnyy komitet Ukrayiny po zemel'nykh resursakh [State Committee of Ukraine for Land Resources]*. Kharkiv: «Printing House № 13». 120. (In Ukr.).
  16. Dovhostrokovyi statsionarni pol'ovi doslidy Ukrayiny. Reyestr atestativ. (2006). [Long-term stationary field experiments of Ukraine. Register of certificates]. (In Ukr.).
  17. Karpus M.M., Karpovych S.I. and ect. (1988). *Dovidnyk pozhyvnosti kormiv [Handbook of feed nutrition]*. Karpus' M.M. (Ed.). Kyiv: Urozhay. 400. (In Ukr.).
  18. Lakin G.F. (1990). *Biometriya [Biometrics]*. Moskva: Higher school. 352. (In Russ.).

#### Authors

**Tarariko Yuriy Olexandrovich** — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Agro Resources and Information Technologies Department, Institute of Water Problems and Melioration of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylkivska St. 37; e-mail: urtar@bigmir.net).

**Tsvei Yaroslav Petrovich** — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Agroecologic Monitoring and Problems, Agriculture Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 03110, Kyiv, Clinical St. 25; e-mail: tsvey\_isb@ukr.net).

**Lychuk Anna Ivanivna** — Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Scientific Training Department, National Scientific Centre Institute of Agriculture of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 08162, Chabany, Mashynobudivnykiv St., 2b; e-mail: aspirant.nnciz@gmail.com).