

УДК 633.161: 631.8

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-8>

**Герасько Т. В.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри рослинництва та садівництва імені професора

В. В. Калитки,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Запоріжжя, Україна

**E-mail:** [tetiana.herasko@tsatu.edu.ua](mailto:tetiana.herasko@tsatu.edu.ua)

**ORCID:** 0000-0002-1331-4397

**Макарчук Б. М.**

старший науковий співробітник сектору інформатизації відділу науково-технічної інформації,

Український інститут експертизи сортів рослин

Київ, Україна

**E-mail:** [bohdan.makarchuk@gmail.com](mailto:bohdan.makarchuk@gmail.com)

**ORCID:** 0009-0003-4957-8399

## ВПЛИВ ПРИПОСІВНОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

### Анотація

Польові дослідження проводилися в період 2023–2025 років на базі Київської спеціалізованої філії Українського інституту експертизи сортів рослин, розташованої в Білоцерківському районі Київської області. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) вирощувався за органічною технологією, де у сівозміні попередником була конюшина лучна (*Trifolium pratense*). Органічні меліоранти (біочар, сапропель і біогумус) вносилися у дозі 100 кг/га за допомогою сівалки під час посіву ячменю. Протягом трьох років досліджень локальне припосівне внесення біочару сприяло позитивним змінам у рості та продуктивності ячменю ярого: площа листків зростала на 6–11 %, маса рослин збільшувалася на 3–9 %, фотосинтетичний потенціал посівів підвищувався на 2–7 %, чиста продуктивність фотосинтезу – на 3–6 %, а урожайність зерна показувала приріст на 2–5 % порівняно з контрольним варіантом, де органічні меліоранти не застосовувалися.

Локальне припосівне внесення сапропелю позитивно вплинуло на агробіологічні показники ярого ячменю. Зокрема, спостерігалось збільшення площі листової поверхні рослин на 8–13 %, сирої маси – на 8–12 %, фотосинтетичного потенціалу посівів – на 5–9 %, а також урожайності – на 7–11 %. Проте його внесення не спричинило значних змін у показнику чистої продуктивності фотосинтезу по сортах КВС Кріссі та Абсолют, хоча за сортом Командор була помічена тенденція до покращення – на 5 %.

Застосування біогумусу під час посіву виявило найбільш виражений вплив (порівняно з біочаром і сапропелем) на показники інтенсивності фотосинтезу й урожайності ячменю ярого. Площа листової поверхні ячменю ярого збільшувалася на 13–21 %; накопичення біомаси – на 12–21 %; фотосинтетичний потенціал посівів – на 9–14 %; урожайність зерна – на 12–19 % порівняно з контрольним варіантом без органічних меліорантів. Біогумус істотно підвищував рівень чистої продуктивності фотосинтезу по сорту Командор – на 21 %, тоді як по сортах КВС Кріссі та Абсолют була лише тенденція до збільшення – на 3–5 %.

Розмір листової поверхні мав суттєвий позитивний кореляційний зв'язок ( $r = 0,89–0,95$ ) із врожайністю ячменю ярого впродовж усіх періодів вегетації, за винятком колосіння та воскової стиглості, коли кореляція була незначна й помірною ( $r = 0,05–0,35$ ). Розмір листової поверхні і сира вага рослин ячменю ярого також були тісно пов'язані позитивним кореляційним зв'язком ( $r = 0,73–0,99$ ).

Накопичення біомаси рослин мало сильну позитивну кореляцію з урожайністю ячменю ярого ( $r = 0,91–0,99$ ) впродовж усіх фаз вегетації.

Фотосинтетичний потенціал посіву був суттєво пов'язаний з урожайністю ячменю ярого ( $r = 0,97$ ) і слабо корелював із чистою продуктивністю фотосинтезу ( $r = -0,17$ ). Чиста продуктивність фотосинтезу мала невелику кореляцію з урожайністю ячменю ярого у цьому дослідженні ( $r = 0,28$ ).

Результати цього дослідження мають служити для покращення та прискорення впровадження органічної технології вирощування ячменю ярого.

**Ключові слова:** ячмінь ярий, біочар, сапропель, біогумус, фотосинтез.

**Вступ.** Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) є важливою харчовою, фуражною і технічною культурою, потенціал якої, у тому числі і для здоров'я людини, ще не повністю розкритий [12]. У посушливих та напівпосушливих регіонах деяких країн, що розвиваються, він є єдиною зерновою культурою та основним джерелом їжі [16]. Об'єми виробництва ячменю ярого натеper в Україні зменшуються, проте вони залишаються досить вагомими. У 2025 році площа посівів ячменю ярого в Україні становила 0,78 млн га, отриманий валовий збір – 2,9 млн тонн

зерна, середня врожайність – 3,7 т/га [4]. Тому вдосконалення агротехніки вирощування для збільшення продуктивності ячменю ярого є актуальним.

Основою продуктивності рослин (у тому числі і ячменю ярого) є процес фотосинтезу [11; 15]. Агротехнічні прийоми, у тому числі і внесення органічних добрив, можуть суттєво впливати на ефективність процесу фотосинтезу й усіх його складників у сільськогосподарських культур [1]. Найбільш економічно вигідним і екологічно доцільним є припосівне локальне внесення органічних добрив [2]. Проте вплив припосівного локального внесення таких органічних добрив, як біочар, сапропель і біогумус, на площу листової поверхні, біомасу рослин, фотосинтетичний потенціал посіву і чисту продуктивність фотосинтезу ячменю ярого досі не з'ясований.

**Мета роботи.** Мета цієї роботи – встановити вплив припосівного локального внесення біочару, сапропелю і біогумусу на площу листової поверхні, біомасу рослин, фотосинтетичний потенціал посіву, чисту продуктивність фотосинтезу і врожайність ячменю звичайного ярого (*Hordeum vulgare L.*).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Польові дослідження були проведені упродовж 2023–2025 років у Київській спеціалізованій філії Українського інституту експертизи сортів рослин (Україна, Київська область, Білоцерківський район) на чорноземі типовому малогумусному. Ячмінь ярий вирощували за органічною технологією. Попередник – конюшина лучна (*Trifolium pratense*). Норма висіву ячменю ярого у досліді становила 4 млн схожих насінин на гектар. Органічні меліоранти у нормі 100 кг/га вносили у ґрунт сівалкою під час посіву ячменю ярого відповідно до схеми досліду: 1) Контроль (без внесення органічних меліорантів); 2) Біочар; 3) Сапропель; 4) Біогумус. Кількість повторень – 3, посівна площа дослідної ділянки 120 м<sup>2</sup>, облікова площа 80 м<sup>2</sup>, ширина захисних смуг 2 м, розташування варіантів систематичне.

Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження (визначення фаз вегетації, тривалість міжфазних періодів), біометричні виміри [6]: площі листової поверхні, наростання біомаси надземної частини рослин ячменю звичайного ярого. Вимірювання маси рослин і площі листової поверхні проводили на двадцяти рослинах у двох несуміжних повторностях кожного варіанту досліду. За отриманими даними розраховували фотосинтетичний потенціал посіву і чисту продуктивність фотосинтезу.

Площу листової поверхні визначали методом висічок [5, с. 95] (формула 1):

$$S = \frac{K \times Y \times B}{P}, \quad (1)$$

де  $S$  – площа листової поверхні, см<sup>2</sup>;  $K$  – кількість висічок, шт.;  $Y$  – площа однієї висічки, см<sup>2</sup>;  $B$  – маса висічок, г;  $P$  – маса листків з рослини, г.

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) розраховували за формулою 2:

$$FP = \frac{(S_1 + S_2) \cdot n_1 + (S_2 + S_3) \cdot n_2 + \dots + (S_{n-1} + S_n) \cdot n_n}{2}, \quad (2)$$

де  $FP$  – фотосинтетичний потенціал, м<sup>2</sup>/га × діб;  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$  – площа листків на 1 га посіву у відповідні строки визначення, м<sup>2</sup>/га;  $n_1, n_2, \dots, n_n$  – кількість діб між двома відповідними визначеннями.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали згідно з формулою 3:

$$ЧПФ = \frac{M_2 - M_1}{0,5(S_1 + S_2) \cdot n}, \quad (3)$$

де  $M_1$  і  $M_2$  – суха маса рослин з 1 м<sup>2</sup> фітоценозу на початку і на кінець обстеження відповідно;  $0,5 \cdot (S_1 + S_2)$  – середня площа листків з 1 м<sup>2</sup> фітоценозу на початку й наприкінці обстеження;  $n$  – кількість діб між обліками.

Результати вимірювань і обчислювань були оброблені методами дисперсійного і кореляційного аналізу [7] із застосуванням програмного забезпечення MS Excel (Редмонд, Вашингтон, США).

Вплив припосівного локального внесення досліджуваних органічних меліорантів на площу листової поверхні ячменю ярого залежав від природи органічного меліоранту і фази вегетації рослин ячменю ярого (табл. 1). За припосівного локального внесення біочару впродовж усіх трьох років досліджень спостерігалася позитивна тенденція до стимулювання розміру площі листків: у 2023 році – на 6–9 %, у 2024 – на 6–7 %, у 2025 – на 7–11 %. Статистично істотним було збільшення листової поверхні ячменю ярого за дії припосівного внесення біочару лише у 2025 році у фазі колосіння.

Припосівне локальне внесення сапропелю сприяло збільшенню площі листової поверхні ячменю ярого на 8–10 % (у 2023 році), 9–11 % (у 2024 році) і на 10–13 % (у 2025 році). Статистично істотним було збільшення листової поверхні за дії припосівного внесення сапропелю у фазах кушення і колосіння у 2023 і 2024 роках, а також упродовж усього вегетаційного періоду 2025 року.

Найбільш істотно з-поміж досліджуваних органічних меліорантів на площу листової поверхні ячменю ярого впливало припосівне локальне внесення біогумусу: впродовж усіх трьох років досліджень у всіх фазах вегетації збільшення площі листової поверхні за дії припосівного внесення біогумусу було на 13–21 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів).

Площа листової поверхні та урожайність ячменю ярого мали сильний позитивний кореляційний зв'язок ( $r = 0,89–0,95$ ) упродовж усіх фаз вегетації, за виключенням фаз колосіння і воскової стиглості, коли кореляція

**Таблиця 1. Площа листкової поверхні (тис. м<sup>2</sup>/га) ячменю ярого**

Варіант	Періоди вегетації				
	Сходи	Кушіння	Трубкування	Колосіння	Воскова стиглість
2023 рік					
Контроль	6,4	10,7	17,4	41,9	11,8
Біочар	6,8	11,4	18,5	44,6	12,5
Сапрпель	7,0	11,8	19,1	45,2	12,9
Біогумус	7,4	12,3	20,4	48,5	13,6
2024 рік					
Контроль	9,8	16,4	26,8	34,7	17,9
Біочар	10,4	17,2	28,3	38,4	18,7
Сапрпель	10,8	18,1	29,2	40,8	19,4
Біогумус	11,6	19,5	31,5	46,0	20,9
2025 рік					
Контроль	6,7	13,2	20,7	40,1	14,5
Біочар	7,3	14,1	22,9	44,6	15,8
Сапрпель	7,5	14,5	23,4	45,2	16,2
Біогумус	8,1	15,3	24,3	46,4	17,4
<i>НІР</i> <sub>0,5</sub>	0,5	0,9	1,6	3,8	1,1

**Таблиця 2. Маса рослин (г сирої маси/м<sup>2</sup>) ячменю звичайного ярого**

Варіант	Періоди вегетації				
	Сходи	Кушіння	Трубкування	Колосіння	Воскова стиглість
2023 рік					
Контроль	8,1	18,3	67,4	164,5	380,8
Біочар	8,7	19,5	71,2	174,8	401,4
Сапрпель	9,1	20,1	73,0	179,6	412,3
Біогумус	9,6	21,2	77,4	190,2	425,5
2024 рік					
Контроль	13,2	28,4	102,6	251,9	554,2
Біочар	14,1	29,2	108,9	267,5	582,8
Сапрпель	14,7	31,0	113,8	277,6	608,1
Біогумус	15,9	33,3	121,6	298,4	641,5
2025 рік					
Контроль	11,5	22,8	82,5	197,2	498,6
Біочар	12,4	24,2	90,0	214,7	528,4
Сапрпель	12,7	25,1	92,3	220,6	537,3
Біогумус	13,5	27,4	95,9	238,3	569,1
<i>НІР</i> <sub>0,5</sub>	0,7	1,6	6,1	15,2	34,1

була слабка і середня ( $r = 0,05-0,35$ ). Також сильна істотна позитивна кореляція була зафіксована між сирою масою рослин ячменю ярого і площею листкової поверхні ( $r = 0,73-0,99$ ).

Припосівне локальне внесення органічних меліорантів мало позитивний ефект на накопичення вегетативної маси рослин ячменю ярого упродовж усього періоду досліджень (табл. 2).

За припосівного внесення біочару спостерігалася позитивна тенденція до збільшення маси рослин ячменю ярого: у 2023 році – на 5–6 %, у 2024 році – на 3–6 %, у 2025 році – на 6–9 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів).

За припосівного внесення сапрпелью позитивний вплив на біомасу ячменю ярого був більш суттєвим порівняно з біочаром – сира маса рослин збільшувалася: у 2023 році – на 8–10 %, у 2024 році – на 9–11 %, у 2025 році – на 8–12 % порівняно з контролем.

Припосівне локальне внесення біогумусу мало найбільший позитивний вплив на накопичення біомаси ячменю ярого з-поміж усіх досліджуваних органічних меліорантів. За припосівного внесення біогумусу біомаса ячменю ярого була істотно більша за контрольний варіант: у 2023 році – на 12–16 %, у 2024 році – на 16–19 %, у 2025 році – на 14–21 %.

Виявлена різниця у впливі досліджуваних органічних меліорантів на показники площі листків і сирої маси рослин ячменю ярого пояснюються самою природою таких меліорантів. Біочар як продукт піролізу органічних

відходів або (як у нашому дослідженні) деревини не може слугувати джерелом корисної мікрофлори, рослинних гормонів або вітамінів, на відміну від сапропелю і особливо біогумусу. Позитивна дія біочару на ріст і розвиток рослин пояснюється його пористою структурою, що діє як адсорбент, покращуючи структуру ґрунту (за внесення у дозах 3–20 т/га) [19] та створюючи привабливі життєві умови для уже наявної в ґрунті (або на поверхні насіння) мікрофлори [10]. Тому для збільшення ефективності припосівного локального внесення біочару вбачається корисним його поєднання з мікробними інокулянтами та мінеральними добривами [20]. Проте збагачений мінералами і корисними мікробами біочар, попри свій корисний вплив на ґрунт і рослини, може бути економічно невигідним через дорожчу ціну. Сапропель і біогумус містять спори корисних бактерій і симбіотичних грибів, гумінові речовини, фітогормони і вітаміни [14; 17]. Цим і зумовлене істотне збільшення листової поверхні і сирової маси рослин ячменю ярого у нашому дослідженні за припосівного локального внесення сапропелю і особливо біогумусу.

Накопичення біомаси рослин мало сильну позитивну кореляцію з урожайністю ячменю ярого ( $r = 0,91-0,99$ ) упродовж усіх фаз вегетації.

Припосівне локальне внесення усіх досліджуваних меліорантів мало позитивний вплив на фотосинтетичний потенціал посіву ячменю ярого (табл. 3).

**Таблиця 3. Вплив припосівного внесення органічних меліорантів на фотосинтетичні показники і урожайність ячменю ярого (середнє за 2023–2025 рр.)**

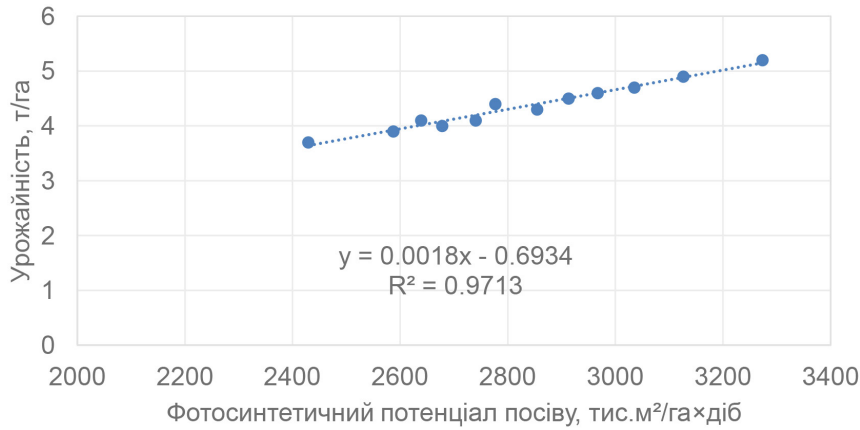
Варіант	ФПП за вегетацію, тис. м <sup>2</sup> /га × діб	ЧПФ за період трубкування-колосіння, г/м <sup>2</sup> за добу	Урожайність, т/га
Сорт Командор			
Контроль	2429,4	3,8	3,7
Біочар	2587,5	4,1	3,9
Сапропель	2639,2	4,0	4,1
Біогумус	2777,1	4,6	4,4
Сорт КВС Кріссі			
Контроль	2678,3	3,7	4,0
Біочар	2740,6	3,8	4,1
Сапропель	2854,8	3,7	4,3
Біогумус	2913,2	3,9	4,5
Сорт Абсолют			
Контроль	2967,3	3,6	4,6
Біочар	3035,4	3,8	4,7
Сапропель	3126,5	3,6	4,9
Біогумус	3273,6	3,7	5,2
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	201,1	0,31	0,34

За припосівного внесення біочару це була лише позитивна тенденція (статистично неістотна) збільшення ФПП стосовно контрольного варіанту (без внесення органічних меліорантів) – на 2–7 %. За припосівного внесення сапропелю ФПП збільшилося у середньому за три роки досліджень на 5–9 %. За припосівного внесення біогумусу збільшення ФПП було статистично істотним по всіх досліджуваних сортах на 9–14 %. Потрібно зауважити, що за величиною ФПП між сортами була істотна різниця: між сортом КВС Кріссі і сортом Командор – лише у контрольному варіанті (на 10 %); між сортом Абсолют і сортом Командор – в усіх варіантах дослідження (на 17–22 %). Отримані нами дані підтверджують раніше опубліковані іншими дослідниками дані щодо позитивного впливу органічних меліорантів на ФПП зернових культур [8; 13; 14; 17].

Чиста продуктивність фотосинтезу мала тенденцію до збільшення за припосівного внесення біочару – на 3–6 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів). Припосівне внесення сапропелю не впливало на величину ЧПФ по сортах КВС Кріссі і Абсолют. По сорту Командор припосівне внесення сапропелю збільшувало ЧПФ статистично неістотно – на 5 %. Припосівне внесення біогумусу істотно збільшувало ЧПФ лише по сорту Командор – на 21 %. По сортах КВС Кріссі і Абсолют за дії припосівного внесення біогумусу була лише тенденція до збільшення ЧПФ – на 3–5 %.

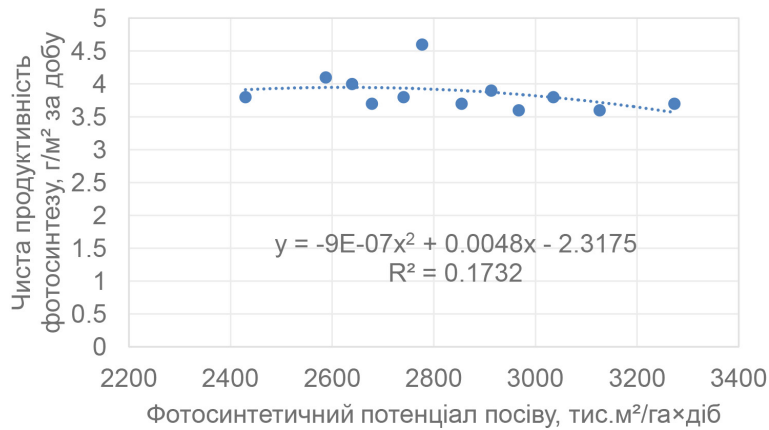
Припосівне внесення біочару, сапропелю і біогумусу позитивно впливало на урожайність ячменю ярого. У середньому за три роки досліджень по сортах Командор, КВС Кріссі і Абсолют за дії припосівного локального внесення біочару урожайність ячменю ярого збільшилася на 2–5 %; за припосівного внесення сапропелю і біогумусу – відповідно на 7–11 і 12–19 %. За врожайністю у контрольному варіанті (без внесення органічних меліорантів) сорт КВС Кріссі переважав сорт Командор на 8 %, сорт Абсолют – на 24 % (у середньому за три роки досліджень).

Між ФПП ячменю ярого у нашому дослідженні був виявлений сильний позитивний кореляційний зв'язок з урожайністю (рис. 1). Сильна позитивна кореляція між ФПП і врожайністю зерна свідчить про ефективне використання посівами енергії фотосинтетичної сонячної радіації [11; 15].



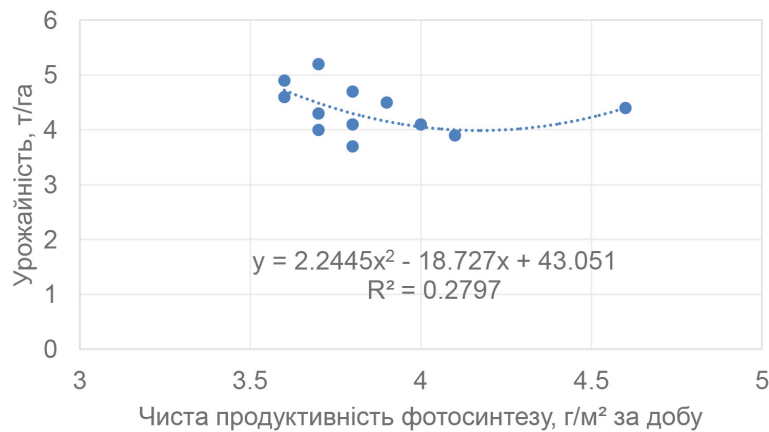
**Рис. 1. Кореляція між фотосинтетичним потенціалом і урожайністю ячменю ярого (середня за 2023–2025 рр.)**

У середньому за 2023–2025 роки ФПП ячменю ярого слабо корелював із чистою продуктивністю фотосинтезу (рис. 2). ЧПФ перебуває в певному зворотному зв'язку з площею листків (див. формула 3), віддзеркалює результат перерозподілу пластичних речовин на клітинному рівні в організмі рослини і залежить як від технологічних прийомів вирощування, так і від екологічної пластичності сорту [3]. Причому зменшення ЧПФ у посівах з високими показниками ФПП необов'язково призводить до зменшення урожайності [18].



**Рис. 2. Поліноміальна лінія тренду чистої продуктивності фотосинтезу і фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю звичайного ярого (середня за 2023–2025 рр.)**

Своєю чергою чиста продуктивність фотосинтезу слабо корелювала з урожайністю ячменю ярого у нашому досліді (рис. 3).



**Рис. 3. Поліноміальна лінія тренду чистої продуктивності фотосинтезу та урожайності ячменю ярого (середня за 2023–2025 рр.)**

Це може пояснюватись реакцією рослин ячменю ярого на складні і неоднозначні погодно-кліматичні умови, які склалися у роки досліджень. Адже повідомлялося, що за умов посухи кореляція між ФПП і врожайністю зерна, а також між ЧПФ і врожайністю зерна може бути навіть від'ємною [3]. Оскільки в умовах посухи велика площа листової поверхні може призводити до збільшення сумарної транспірації і зневоднення рослин, а продуктивність фотосинтезу спрямовується на формування листостеблової маси [18]. Інтенсивність фотосинтезу не завжди має сильний кореляційний зв'язок з продуктивністю господарсько-цінних органів рослин через опосередкований вплив складних донор-акцепторних закономірностей розподілу потоку фотоасимілятів у рослинах [9].

**Висновки.** За припосівного локального внесення біоچارу упродовж усіх трьох років досліджень спостерігалися позитивні тенденції до збільшення показників інтенсивності фотосинтезу та урожайності зерна: площі листків – на 6–11 %; маси рослин – на 3–9 %; фотосинтетичного потенціалу посівів – на 2–7 %; чистої продуктивності фотосинтезу – на 3–6 %; урожайності – на 2–5 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів).

Припосівне локальне внесення сапропелю сприяло збільшенню площі листової поверхні ячменю ярого на 8–13 %; сирової маси рослин – на 8–12 %; фотосинтетичного потенціалу посівів – на 5–9 %; урожайності – на 7–11 %. Припосівне внесення сапропелю не впливало на величину чистої продуктивності фотосинтезу по сортах КВС Кріссі і Абсолют (по сорту Командор була тенденція до збільшення на 5 %).

За дії припосівного внесення біогумусу площа листової поверхні ячменю ярого збільшувалася на 13–21 %; накопичення біомаси – на 12–21 %; фотосинтетичний потенціал посівів – на 9–14 %; урожайність зерна – на 12–19 % (порівняно з варіантом досліду без внесення органічних меліорантів). Припосівне внесення біогумусу істотно збільшувало чисту продуктивність фотосинтезу лише по сорту Командор на 21 %. По сортах КВС Кріссі і Абсолют за дії припосівного внесення біогумусу була лише тенденція до збільшення на 3–5 %.

Показник площі листової поверхні виявляв високу позитивну кореляцію ( $r = 0,89–0,95$ ) з урожайністю ячменю ярого упродовж більшості вегетаційних фаз. Проте на етапах колосіння та воскової стиглості цей зв'язок був значно слабшим, характеризуючись низькими до помірних коефіцієнтами кореляції ( $r = 0,05–0,35$ ). Окрім того, площа асиміляційної поверхні тісно позитивно корелювала із сировою біомасою рослин ячменю ( $r = 0,73–0,99$ ).

Акумуляція біомаси культури також демонструвала значний позитивний взаємозв'язок з урожайністю ячменю ярого ( $r = 0,91–0,99$ ) на всіх стадіях його розвитку.

Щодо фотосинтетичного потенціалу агроценозу, то він значно позитивно корелював з урожайністю ячменю ярого ( $r = 0,97$ ), тоді як з чистою фотосинтетичною продуктивністю спостерігалася незначна негативна кореляція ( $r = -0,17$ ). Чиста продуктивність фотосинтезу мала слабку кореляцію з урожайністю ячменю ярого у досліді ( $r = 0,28$ ).

#### Список використаних джерел

1. Бунчак О. М. Вплив органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, на продуктивність фотосинтезу пшениці ярої в умовах Західного Лісостепу. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 171–178. URL: [https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/bunchak-agro-1-2018-171-178\\_0.pdf](https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/bunchak-agro-1-2018-171-178_0.pdf) (дата звернення: 16.01.2026).
2. Гавриш С. Л., Бондарева О. Б., Вінюкова О. Б. Ефективність внесення біогумусу підсівом у посівах еспарцету літнього. *Корми та кормовиробництво*. 2018. № 85. С. 55–62. URL: [https://fri.vin.ua/download\\_materials/catalogues/85.pdf](https://fri.vin.ua/download_materials/catalogues/85.pdf) (дата звернення: 27.01.2026).
3. Іванів М. О., Репілевський Д. Е. Фотосинтетичні показники та урожайність гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Аграрні інновації*. 2021. № 4. С. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.6>
4. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах. URL: <https://stat.gov.ua/uk/releases/ploshchi-valovi-zboru-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur> (дата звернення: 27.01.2026).
5. Панфілова А. В. Агроекологічне обґрунтування технологій вирощування пшениці озимої та ячменю ярого за різних систем живлення в умовах Південного Степу України : дис.... доктора с.-г. наук : 06.01.09. Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв; Херсонський державний аграрно-економічний університет, Херсон, 2021. 422 с.
6. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство). Херсон : Грін Д.С., 2014. 448 с.
7. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.
8. Baran A., Tarnawski M., Koniarz T., Jasiewicz C. Agricultural use of sediments from Narożniki reservoir – Yield and concentration of macronutrients and trace elements in the plant. *Infrastruct. Ecol. Rural. Areas*. 2016. № 4. P. 1217–1228. DOI: <https://doi.org/10.14597/infraeco.2016.4.1.089>
9. Chauhan J., Prathibha M. D., Singh P., Choyal P., Mishra U. N., Saha D., Singhal R. K. Plant photosynthesis under abiotic stresses: Damages, adaptive, and signaling mechanisms. *Plant Stress*. 2023. № 10. 100296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100296>
10. Chew J., Joseph S., Chen G., Zhang Y., Zhu L., Liu M. Biochar-based fertilizer enhances nutrient uptake and transport in rice seedlings. *Sci. Total Environ*. 2022. № 826. 154174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154174>
11. Croce R., Carmo-Silva E., Cho Y. B., Ermakova M., Harbinson J., Lawson T., Zhu X. G. Perspectives on improving photosynthesis to increase crop yield. *The plant cell*. 2024. № 36(10). P. 3944–3973. DOI: <https://doi.org/10.1093/plcell/koae132>
12. Geng L., Li M., Zhang G., Ye L. Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*. 2022. № 6. fyac012. DOI: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012>
13. Liu X., Zhang J., Wang Q., Chang T., Shaghaleh H., Hamoud Y.A. Improvement of photosynthesis by biochar and vermicompost to enhance tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield under greenhouse conditions. *Plants*. 2022. № 11(23). 3214. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11233214>

14. Liužinas R., Jankevičius K., Šalkauskas M., Mikalajūnas M. Improvement of lake sapropel quality: a new method. *Geografijos metraštis*. 2005. № 38. P. 44–51. URL: [https://gamstostyrimai.lt/wp-content/uploads/2022/06/275\\_cd3745c8d557ffdbd1fd8c1950e00035.pdf](https://gamstostyrimai.lt/wp-content/uploads/2022/06/275_cd3745c8d557ffdbd1fd8c1950e00035.pdf)
15. Lv J., Xie J., Mohamed A. G. A. Solar utilization beyond photosynthesis. *Nat Rev Chem*. 2023. № 7. P. 91–105. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41570-022-00448-9>
16. Ravan M. S., Karizaki A. R., Biabani A., Moghaddam A. N., Alamdari E. G. Photosynthetic material remobilization and its contribution to barley yield. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2022. № 57. e02968. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02968>
17. Soltan H. A. H., Dakhly O. F., Mahmoud M. A., Fayz Y. F. Microbiological and genetical identification of some vermicompost beneficial associated bacteria. *SVU – International Journal of Agricultural Sciences*. 2022. № 4(1). P. 21–36. DOI: <https://doi.org/10.21608/svuijas.2021.106875.1154>
18. Zhang J., Chen W., Dell B. Wheat genotypic variation in dynamic fluxes of WSC components in different stem segments under drought during grain filling. *Frontiers in Plant Science*. 2015. V. 6. Art. 624. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00624>
19. Zhang K., Han X., Fu Y., Khan Z., Zhang B., Bi J., Luo L. Biochar coating promoted rice growth under drought stress through modulating photosynthetic apparatus, chloroplast ultrastructure, stomatal traits and ROS homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2024. № 216. 109145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109145>
20. Zhang W., Niu W., Luo H. Effect of Biochar Amendment on the Growth and Photosynthetic Traits of Plants Under Drought Stress: A Meta-Analysis. *Agronomy*. 2024. № 14(12). 2952. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14122952>

**Gerasko T. V.**

*Candidate of Agricultural Sciences,*

*Associate Professor at the Department of Plant Growing and Horticulture named after Professor V. V. Kalytko,  
Tavrishesky State Agrotechnological University named after Dmitry Motorny  
Zaporizhzhia, Ukraine*

*E-mail: tetiana.herasko@tsatu.edu.ua*

*ORCID: 0000-0002-1331-4397*

**Makarchuk B. M.**

*Senior Researcher, Informatization Sector, Department of Scientific and Technical Information,  
Ukrainian Institute of Plant Variety Examination  
Kyiv, Ukraine*

*E-mail: bohdan.makarchuk@gmail.com*

*ORCID: 0009-0003-4957-8399*

## THE INFLUENCE OF SOWING LOCAL APPLICATION OF ORGANIC AMELIORANTS ON THE PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY

### Abstract

Field research was conducted in the period 2023–2025 on the basis of the Kyiv Specialized Branch of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, located in the Bila Tserkva district of Kyiv region. Spring barley (*Hordeum vulgare* L.) was grown using organic technology, where the predecessor in the crop rotation was meadow clover (*Trifolium pratense*). Organic ameliorants (biochar, sapropel and biohumus) were applied at a dose of 100 kg ha<sup>-1</sup> using a seeder during barley sowing. During three years of research, local application of biochar at sowing contributed to positive changes in the growth and productivity of spring barley: leaf area increased by 6–11 %, plant mass increased by 3–9 %, photosynthetic potential of crops increased by 2–7 %, net productivity of photosynthesis by 3–6 %, and grain yield showed an increase of 2–5 % compared to the control variant, where organic ameliorants were not used.

Local application of sapropel at sowing had a positive effect on the agrobiological indicators of spring barley. In particular, an increase in the leaf surface area of plants by 8–13 %, fresh mass by 8–12 %, photosynthetic potential of crops by 5–9 %, and yield by 7–11 %. However, its introduction did not cause significant changes in the net productivity of photosynthesis for the varieties of KWS Krissy and Absolut, although a tendency to improve was observed for the variety of Komandor – by 5 %.

The use of biohumus during sowing showed the most pronounced effect (compared to biochar and sapropel) on the intensity of photosynthesis and yield of spring barley. The leaf surface area of spring barley increased by 13–21 %; biomass accumulation – by 12–21 %; photosynthetic potential of crops – by 9–14 %; grain yield – by 12–19 % compared to the control variant without organic ameliorants. Biohumus significantly increased the level of net productivity of photosynthesis for the variety of Komandor – by 21 %, while for the varieties of KWS Krissy and Absolut there was only a tendency to increase – by 3–5 %.

Leaf area was strongly positively correlated ( $r = 0.89–0.95$ ) with spring barley yield during all growing periods, except for earing and waxy maturity, when the correlation was insignificant and moderate ( $r = 0.05–0.35$ ). Leaf area was also strongly positively correlated with spring barley plant fresh weight ( $r = 0.73–0.99$ ).

Plant biomass accumulation was strongly positively correlated with spring barley yield ( $r = 0.91–0.99$ ) during all growing phases.

Photosynthetic potential of the crop was strongly positively correlated with spring barley yield ( $r = 0.97$ ) and weakly correlated with net photosynthetic productivity ( $r = -0.17$ ). Net photosynthetic productivity was weakly correlated with spring barley yield in this study ( $r = 0.28$ ).

The results of this study should serve to improve and accelerate the implementation of organic spring barley growing technology.

**Key words:** spring barley, biochar, sapropel, biohumus, photosynthesis.

## References

1. Bunchak, O. M. (2018). Vplyv orhanichnykh dobryv, vyhotovlenykh za novitnykh tekhnolohiiamy, na produktyvnist fotosyntezy pshenytsi yaroї v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [The influence of organic fertilizers produced using the latest technologies on the photosynthesis productivity of spring wheat in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Ahrobiolohiia*. No. 1, pp. 171–178. Retrieved from: [https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/bunchak-agro-1-2018-171-178\\_0.pdf](https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/bunchak-agro-1-2018-171-178_0.pdf) [in Ukrainian].
2. Havrysh, S. L., Bondareva, O. B., Viniukova, O. B. (2018). Efektyvnist vnesennia biohumusu pidsivom u posivakh espartsetu litnoho [The effectiveness of biohumus application by undersowing in summer sainfoin crops]. *Kormy ta kormovyrobnytstvo*. No. 85, pp. 55–62. Retrieved from: [https://fri.vin.ua/download\\_materials/catalogues/85.pdf](https://fri.vin.ua/download_materials/catalogues/85.pdf)
3. Ivaniv, M. O., Repilevskyi, D. E. (2021). Fotosyntetychni pokaznyky ta urozhainist hibrivid kukurudzy zalezno vid elementiv tekhnolohii [Photosynthetic indicators and yield of corn hybrids depending on technology elements]. *Ahrarni innovatsii*. No. 4. Pp. 38–44. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2020.4.6> [in Ukrainian].
4. Obsiah vyrobnytstva, urozhainist ta zibrana ploshcha silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy po rehionakh [Production volume, yield and harvested area of agricultural crops by type by region]. Retrieved from: <https://stat.gov.ua/uk/releases/ploshchivalovi-zbory-ta-urozhainist-silskohospodarskykh-kultur> [in Ukrainian].
5. Panfilova, A.V. (2021). Ahroekolohichne obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi ta yachmeniu yaroho za riznykh system zhyvlennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy: dys.... doktora s.-h. nauk [Agroecological substantiation of technologies for growing winter wheat and spring barley under different nutrition systems in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine: dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences]. 06.01.09. Mykolaivskiy natsionalnyi ahrarniy universytet, Mykolaiv; Khersonskiy derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet, Kherson, 422 p. [in Ukrainian].
6. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., Kokovikhin, S. V. (2014). Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]. Kherson: Hrin D.S., 448 p. [in Ukrainian].
7. Ushkarenko, V. O., Nikishenko, V. L., Holoborodko, S. P., Kokovikhin, S. V. (2009). Dyspersiyni i koreliatsiyni analizy rezultativ polovykh doslidiv: monohrafiia [Dispersion and correlation analysis of field experiment results: monograph]. Kherson: Ailant, 372 p. [in Ukrainian].
8. Baran, A., Tarnawski, M., Koniarz, T., Jasiewicz, C. (2016). Agricultural use of sediments from Narożniki reservoir – Yield and concentration of macronutrients and trace elements in the plant. *Infrastruct. Ecol. Rural. Areas*. No.4, pp. 1217–1228. <https://doi.org/10.14597/infraeco.2016.4.1.089>
9. Chauhan, J., Prathibha, M.D., Singh, P., Choyal, P., Mishra, U.N., Saha, D.,... & Singhal, R. K. (2023). Plant photosynthesis under abiotic stresses: Damages, adaptive, and signaling mechanisms. *Plant Stress*. No. 10, 100296. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100296>.
10. Chew, J., Joseph, S., Chen, G., Zhang, Y., Zhu, L., Liu, M., et al. (2022). Biochar-based fertilizer enhances nutrient uptake and transport in rice seedlings. *Sci. Total Environ*, No. 826:154174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154174>
11. Croce, R., Carmo-Silva, E., Cho, Y. B., Ermakova, M., Harbinson, J., Lawson, T.,... & Zhu, X. G. (2024). Perspectives on improving photosynthesis to increase crop yield. *The plant cell*. No. 36(10), 3944–3973. <https://doi.org/10.1093/plcell/koae132>
12. Geng, L., Li, M., Zhang, G., Ye, L. (2022). Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*. No. 6, fyac012. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012>
13. Liu, X., Zhang, J., Wang, Q., Chang, T., Shaghaleh, H., & Hamoud, Y. A. (2022). Improvement of photosynthesis by biochar and vermicompost to enhance tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield under greenhouse conditions. *Plants*. No. 11(23), 3214. <https://doi.org/10.3390/plants11233214>
14. Liužinas, R., Jankevičius, K., Šalkauskas, M., Mikalajūnas, M. (2005). Improvement of lake sapropel quality: a new method. *Geografijos metraštis*. No. 38. P. 44–51. Retrieved from: [https://gamtostyrimai.lt/wp-content/uploads/2022/06/275\\_cd3745c8d557ffdbd1fd8c1950e00035.pdf](https://gamtostyrimai.lt/wp-content/uploads/2022/06/275_cd3745c8d557ffdbd1fd8c1950e00035.pdf)
15. Lv, J., Xie, J., Mohamed, A. G. A. (2023). Solar utilization beyond photosynthesis. *Nat Rev Chem*. No.7, pp. 91–105. <https://doi.org/10.1038/s41570-022-00448-9>
16. Ravan, M. S., Karizaki, A. R., Biabani, A., Moghaddam, A. N., & Alamdari, E. G. (2022). Photosynthetic material remobilization and its contribution to barley yield. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. No. 57, e02968. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02968>
17. Soltan, H. A. H., Dakhly, O. F., Mahmoud, M. A., Fayz, Y.F. (2022). Microbiological and genetical identification of some vermicompost beneficial associated bacteria. *SVU – International Journal of Agricultural Sciences*. No. 4(1), pp. 21–36. <https://doi.org/10.21608/svuijas.2021.106875.1154>
18. Zhang J., Chen W., Dell B. (2015). Wheat genotypic variation in dynamic fluxes of WSC components in different stem segments under drought during grain filling. *Frontiers in Plant Science*. V. 6. Art. 624. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00624>
19. Zhang, K., Han, X., Fu, Y., Khan, Z., Zhang, B., Bi, J., Luo, L. (2024). Biochar coating promoted rice growth under drought stress through modulating photosynthetic apparatus, chloroplast ultrastructure, stomatal traits and ROS homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistry*. No. 216, 109145. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109145>
20. Zhang, W., Niu, W., & Luo, H. (2024). Effect of Biochar Amendment on the Growth and Photosynthetic Traits of Plants Under Drought Stress: A Meta-Analysis. *Agronomy*, 14(12), 2952. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122952>

