

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2021-13-23>  
УДК 631.8:631.582: 631.67 (477.72)

## Енергетична ефективність мінімізованого та нульового обробітків ґрунту в зрошуваних умовах півдня України

Малярчук М. П.,

д-р с.-г.н., головн.н.с., Інститут зрошуваного землеробства НААН;  
ORCID iD 0000-0002-0150-6121

Малярчук А. С.,

к.с.-г.н., с.н.с., Інститут зрошуваного землеробства НААН;  
ORCID iD 0000-0001-5845-269x

Котельников Д. І.,

к.с.-г.н., агроном, ФГ «ЮКОС і К»,  
e-mail:dmkotel@gmail.com; ORCID iD 0000-0002-8889-8841

### Анотація

**Мета.** Зменшити енергетичні витрати на виробництво сільськогосподарської продукції та збереження родючості ґрунтів в умовах зрошення півдня України.

**Методи.** Використовувалися сучасні наукові та виробничі рекомендації щодо підвищення родючості та розрахунку енергетичної ефективності технології вирощування.

**Результати.** Завдяки аналізу результатів наукової та виробничої діяльності в області підвищення родючості ґрунтів визначено практичні рекомендації щодо оптимальної системи

основного обробітку ґрунту та систем удобрення культур сівозміни.

**Висновки.** Дослідженнями, проведеними протягом 2016–2019 років, встановлено, що використання різноглибинної системи основного обробітку ґрунту на основі чизельного розпушування формує максимальну продуктивність сівозміни, що зі свого боку формує найбільший енергетичний коефіцієнт.

**Ключові слова:** енергетична ефективність, обробіток ґрунту, сівозміна, щільність складення, система живлення рослин.

UDC 631.8:631.582: 631.67 (477.72)

## Energy efficiency of minimized and zero tillage in irrigated conditions of southern Ukraine

Maliarchuk M. P.,

Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Institute of Irrigated Agriculture by NAAS;  
ORCID iD 0000-0002-0150-6121

Maliarchuk A. S.,

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Irrigated Agriculture by NAAS;  
ORCID iD 0000-0001-5845-269x

Kotelnikov D. I.,

Candidate of Agricultural Sciences, agronomy, Farm economy “YUKOS and K”;  
ORCID iD 0000-0002-8889-8841

### Annotation

**Purpose.** Reduce energy costs for agricultural production and preservation of soil fertility under irrigation in southern Ukraine.

**Methods.** Modern scientific and production recommendations were used to increase fertility and calculate the energy efficiency of cultivation technology.

**Results.** By analyzing the results of scientific and production activities in the areas of increasing soil fertility, practical recommendations for the optimal

system of basic tillage and crop rotation fertilization systems are identified.

**Conclusions.** Research carried out during 2016–2019 established that the use of different depth system of basic tillage on the basis of chisel loosening forms the maximum productivity of crop rotation, which in turn forms the highest energy coefficient.

**Keywords:** energy efficiency, tillage, crop rotation, stocking density, plant nutrition system.

УДК 631.8:631.582: 631.67 (477.72)

## Энергетическая эффективность минимизированной и нулевой обработок почвы в орошаемых условиях юга Украины

Малярчук Н. П.,

д-р с.-х.н., главн.н.с., Институт орошаемого земледелия НААН;

ORCID iD 0000-0002-0150-6121

Малярчук А. С.,

к.с.-х.н., с.н.с., Институт орошаемого земледелия НААН;

ORCID iD 0000-0001-5845-269x

Котельников Д. И.,

к.с.-х.н., агроном, ФХ «ЮКОС и К»,

e-mail:dmkotel@gmail.com; ORCID iD 0000-0002-8889-8841

### Аннотация

**Цель.** Уменьшить энергетические затраты на производство сельскохозяйственной продукции и сохранение плодородия почв в условиях орошения юга Украины.

**Методы.** Использовались современные научные и производственные рекомендации по повышению плодородия и расчета энергетической эффективности технологии выращивания.

**Результаты.** Путем анализа результатов научной и производственной деятельности в области повышения плодородия почв определены практические рекомендации по оптимальной системе основной обработки почвы и систем удобрения культур севооборота.

**Выводы.** Исследованиями, проведенными на протяжении 2016–2019 годов, установлено, что использование разнотравной системы основной обработки почвы на основе чизельного рыхления формирует максимальную продуктивность севооборота, что в свою очередь формирует высокий энергетический коэффициент.

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, обработка почвы, севооборот, плотность сложения, система питания растений.

**Постановка проблемы.** Сільськогосподарське виробництво в умовах Степу України пов'язане з погодними ризиками, які ускладнюють отримання високих і стабільних урожаїв, тому зрошувані землі є гарантом отримання сталої продуктивності незалежно від кліматичних умов. Дослідження зменшення енергетичних витрат на основний обробіток ґрунту є головною передумовою підвищення рівня рентабельності виробництва та конкурентоспроможності сільськогосподарства. Найважливіше значення при цьому має комплекс меліоративних заходів, спрямованих на покращення властивостей і режимів ґрунтів. Вирішення цих завдань, зокрема на засадах ресурсо-

збереження, є сучасним напрямом наукового пошуку у зв'язку з порушенням традиційних систем землеробства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під впливом досліджуваних систем обробітку ґрунту й удобрення, як уже зазначалося, відбувалися зміни агрофізичних властивостей, поживного режиму ґрунту та фітосанітарного стану посівів, що сприяло створенню різних умов для росту й розвитку сільськогосподарських культур, формування врожаю та одержання якісної продукції [1]. За результатами експериментальних досліджень вітчизняних і закордонних вчених, висвітлених у наукових виданнях, питання впливу способів і глибини основного обробітку ґрунту, доз внесення мінеральних добрив, мікробних препаратів та використання на добриво побічної продукції на продуктивність сільськогосподарських культур трактується неоднозначно. Більшість вчених зазначають неістотність різниці в урожаєх сільськогосподарських культур сівозмін за різних способів і систем основного обробітку ґрунту. Інші вважають, що за безполіцевого обробітку ґрунту сумарний вихід продукції на 1 га сівозмінної площі знижується, порівнюючи з оранкою. Водночас значна частина дослідників виявила перевагу безполіцевого обробітку в підвищенні врожаю сільськогосподарських культур і продуктивності сівозмін у цілому, порівнюючи з оранкою [3]. Тому питання наукового обґрунтування технологій вирощування, що базуються на різних способах і глибині основного обробітку з використанням ґрунтообробних знарядь, які дозволяють зменшити витрати непоновлюваної енергії та забезпечують збереження родючості ґрунтів, є актуальними і потребують подальшого експериментального

дослідження. Крім того, важливе наукове й практичне значення мають проблеми оптимізації систем удобрення та інтегрованого захисту рослин на рівні сівозмін та окремих полів із точки зору підвищення продуктивності зрошуваного землеробства [4, 5].

**Мета досліджень.** Зменшити енергетичні витрати на виробництво сільськогосподарської продукції та збереження родючості ґрунтів в умовах зрошення півдня України.

**Методи досліджень.** Використовувалися сучасні наукові та виробничі рекомендації щодо підвищення родючості та розрахунку енергетичної ефективності технології вирощування.

**Результати досліджень.** Завдання дослідження полягало у визначенні впливу різних систем основного обробітку, удобрення та сидерації на показники щільності складення ґрунту, на процеси формування продуктивності культур сівозміни за умов отримання енергетичної рентабельності виробництва.

Дослідження проводилися протягом 2016–2019 років на дослідних полях Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства НААН України, що розташована в зоні дії Каховської зрошувальної системи в чотирипільній зерно-просапній сівозміні з таким чергуванням культур: кукурудза на зерно, ячмінь озимий, соя, пшениця озима та відповідно до вимог загально-визнаних методик і методичних рекомендацій проведення досліджень.

**Чинник А (система основного обробітку ґрунту):**

1) диференційована система основного обробітку, що передбачає оранку на 28–30 см під кукурудзу та сою і дисковий обробіток на 12–14 см під озимі зернові;

2) одноглибинний мілкий обробіток, що передбачає дисковий обробіток на 12–14 см під усі культури сівозміни;

3) безполицевий різноглибинний обробіток, що передбачає чизельний обробіток на 28–30 см під кукурудзу і сою та на 23–25 см під озимі зернові культури сівозміни;

4) нульовий обробіток.

Дослідження проводилися на фоні органо-мінеральних систем удобрення з різними дозами внесення мінеральних добрив (Чинник В):

1) органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{90}P_{40}$  + післяжнивні рештки та використанням сидеральної культури;

2) органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{105}P_{40}$  + післяжнивні рештки та використанням сидеральної культури;

3) органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{120}P_{40}$  + післяжнивні рештки та використанням сидеральної культури;

4) органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{120}P_{40}$  + післяжнивні рештки

Гірчицю на сидерат висівали сівалкою для сівки в попередньо необроблений ґрунт після скошування озимих зернових культур і лушення стерні попередника дисковими бородами (крім варіантів, де досліджували ефективність системи нульового обробітку). Сидеральну масу, яку отримували після скошування, заробляли в ґрунт згідно зі схемою дослідів.

Ґрунт дослідного поля – темно-каштановий середньо-суглинковий із низькою забезпеченістю азотом та середньою – рухомим фосфором і обмінним калієм. Зрошення проводилося водами Каховської зрошувальної системи, режим зрошення забезпечував підтримання передполивного порогу зволоження під посівами культур сівозміни на рівні 70% НВ у шарі ґрунту 0–50 см. Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи та загально-визнані в Україні методики і методичні рекомендації [6].

На початку вегетації культур найвища щільність складення ґрунту в шарі 0–40 см на рівні  $1,28 \text{ г/см}^3$  у середньому по сівозміні спостерігалася за нульового обробітку у варіантах без застосування післяжнивного сидерата на добриво, що на 3,9% вище ніж на контролі (за диференційованої системи обробітку ґрунту). Водночас застосування сидеральної культури в досліді зменшило щільність складення за нульового обробітку ґрунту до  $1,25 \text{ г/см}^3$ , або на 2,4%.

Застосування сидерата несуттєво вплинуло на щільність складення за диференційованої та безполицевої мілкої одноглибинної систем основного обробітку ґрунту. У варіантах без застосування сидерата щільність складення в шарі ґрунту 0–40 см становила  $1,23$  та  $1,24 \text{ г/см}^3$ , а у варіантах застосування сидерата –  $1,22$  та  $1,23 \text{ г/см}^3$ , відповідно. Загортання сидерата на глибину від 23–25 см до 28–30 см сприяло зменшенню щільності складення на 3,2%, ніж на безсидеральному фоні. Особливо позитивно

позначився вплив сидерата на щільність складення ґрунту під посівами ячменю та пшениці озимих. Щільність складення в шарі ґрунту 0–40 см за використання сидерата зменшувалася на 0,4 г/см<sup>3</sup> під посівами пшениці озимої та 0,5 г/см<sup>3</sup> – ячменю ози-

мого, або на 3,2 та 4,9%, відповідно. Під посівами сої та кукурудзи щільність складення ґрунту зменшувалася в шарі 0–40 см на 0,2 та 0,3 г/см<sup>3</sup>, або на 1,5 та 2,3%, відповідно (табл. 1).

**Таблиця 1. Щільність складення шару ґрунту 0–40 см на початку вегетації культур за різних систем основного обробітку ґрунту та сидерації (середня за 2016–2019 рр.), г/см<sup>3</sup>**

**Table 1. The density of the composition of the soil layer is 0–40 cm at the beginning of the growing up the cultures with various systems of the main processing of soil and sideration (average for 2016–2019), g/cm<sup>3</sup>**

Системи обробітку ґрунту (А)	Шари ґрунту, см	Системи удобрення (В)									
		із застосуванням сидерата					без застосування сидерата				
		соя	пшениця озима	кукурудза	ячмінь озимий	середня	соя	пшениця озима	кукурудза	ячмінь озимий	середня
I	0–10	1,19	1,14	0,98	1,09		1,11	1,16	1,00	1,16	
	10–20	1,27	1,29	1,24	1,29		1,34	1,28	1,15	1,27	
	20–30	1,28	1,29	1,26	1,29		1,31	1,22	1,18	1,24	
	30–40	1,28	1,25	1,30	1,25		1,25	1,25	1,25	1,25	
	<b>0–40</b>	<b>1,25</b>	<b>1,24</b>	<b>1,19</b>	<b>1,23</b>	<b>1,22</b>	<b>1,25</b>	<b>1,23</b>	<b>1,14</b>	<b>1,23</b>	<b>1,23</b>
II	0–10	1,20	1,17	1,06	1,13		1,14	1,17	1,09	1,02	
	10–20	1,26	1,30	1,36	1,34		1,33	1,28	1,34	1,27	
	20–30	1,22	1,25	1,30	1,25		1,27	1,26	1,33	1,25	
	30–40	1,27	1,25	1,30	1,24		1,33	1,27	1,29	1,23	
	<b>0–40</b>	<b>1,24</b>	<b>1,24</b>	<b>1,25</b>	<b>1,24</b>	<b>1,24</b>	<b>1,26</b>	<b>1,25</b>	<b>1,26</b>	<b>1,19</b>	<b>1,24</b>
III	0–10	1,19	1,17	1,05	1,17		1,07	1,22	1,18	1,08	
	10–20	1,33	1,13	1,17	1,13		1,32	1,17	1,30	1,18	
	20–30	1,27	1,17	1,20	1,17		1,26	1,33	1,27	1,20	
	30–40	1,22	1,18	1,30	1,18		1,26	1,30	1,30	1,18	
	<b>0–40</b>	<b>1,25</b>	<b>1,16</b>	<b>1,18</b>	<b>1,16</b>	<b>1,19</b>	<b>1,23</b>	<b>1,25</b>	<b>1,26</b>	<b>1,16</b>	<b>1,23</b>
IV	0–10	1,21	1,27	1,28	1,20		1,29	1,18	1,26	1,19	
	10–20	1,33	1,05	1,33	1,26		1,31	1,35	1,31	1,33	
	20–30	1,25	1,25	1,31	1,20		1,28	1,27	1,25	1,27	
	30–40	1,29	1,32	1,31	1,17		1,29	1,23	1,30	1,28	
	<b>0–40</b>	<b>1,27</b>	<b>1,22</b>	<b>1,31</b>	<b>1,21</b>	<b>1,25</b>	<b>1,29</b>	<b>1,26</b>	<b>1,28</b>	<b>1,27</b>	<b>1,28</b>

Примітка: I – система різноглибинного диференційованого основного обробітку ґрунту; II – система мілкого одноглибинного безполицевого обробітку ґрунту; III – система різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту; IV – система нульового обробітку ґрунту.

Водночас за мілкого дискового обробітку (12–14 см) в системі довготривалого його застосування в сівозміні щільність складення ґрунту, порівнюючи з контролем, була вищою на 0,8%. Найбільш ущільненим у варіанті безполицевого мілкого одноглибинного обробітку залишився шар ґрунту 0–20 см.

Показники продуктивності дають змогу стверджувати, що використання диференційованої та мілкої одноглибинної систем основного обробітку ґрунту забезпечило отримання практично однакового рівня продуктивності в розрахунку на один гектар сівозмінної площі – 8,21 та 8,22 т з. о./га (табл. 2).

**Таблиця 2. Продуктивність зерно-просапної сівозміни за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення (середня за 2016–2019 рр.), т/га**  
**Table 2. Productivity of grain-propelled crop rotation under various systems of basic soil cultivation and fertilization (average for 2016–2019), t/ha**

Спосіб і глибина обробітку ґрунту (А)	Система удобрення (В)	Сільськогосподарські культури				Продуктивність сівозміни, з. о./га	Середня за чинником А
		кукурудза	соя 28–30	пшениця озима	ячмінь озимий		
Диференційована	N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	11,87	4,73	7,85	6,80	7,81	8,21
	N <sub>105</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	12,64	5,12	8,17	7,04	8,24	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	13,37	5,39	8,65	7,47	8,72	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub>	12,51	4,97	8,14	6,56	8,05	
Мілка одноглибинна	N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	11,54	4,88	7,61	6,89	7,73	8,22
	N <sub>105</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	12,48	5,39	8,03	7,10	8,25	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	13,24	5,49	8,64	7,67	8,76	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub>	12,43	4,88	8,19	6,97	8,12	
Різноглибинна безполицева	N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	12,39	4,92	7,86	7,06	8,06	8,49
	N <sub>105</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	13,25	5,40	8,20	7,25	8,52	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	14,14	5,56	8,99	7,72	9,10	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub>	13,10	5,08	8,22	6,74	8,28	
Нульовий обробіток	N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	10,19	4,10	7,20	5,88	6,84	7,15
	N <sub>105</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	10,67	4,48	7,70	6,09	7,23	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> + сидерат	10,95	4,67	8,00	6,38	7,50	
	N <sub>120</sub> P <sub>40</sub>	10,35	4,23	7,75	5,84	7,04	
У середньому за чинником В		7,61	8,06	8,52	7,87		

Застосування різноглибинного безполицевого обробітку збільшило показник до 8,49 т з. о./га, або на 3,3% щодо контролю, а за нульового обробітку отримано найменшу продуктивність – 7,15 т з. о./га у середньому за чинником А.

Водночас у середньому за чинником В за органо-мінеральної системи удобрення N<sub>90</sub>P<sub>40</sub> + сидерат + післяжнивні рештки отримано продуктивність на рівні 7,61 т з. о./га. Підвищення дози внесення азотного добрива до N<sub>105</sub>P<sub>40</sub> + сидерат разом із загортанням післяжнивних решток підвищило вихід продукції до 8,06 т з. о./га, або на 5,9%, порівнюючи з контролем. Максимальну продуктивність у досліді 8,52 т з. о./га отримано за системи з дозою мінеральних добрив N<sub>120</sub>P<sub>40</sub> + сидерат + післяжнивні рештки, що фактично більше на 12%, порівнюючи з контролем. Також необхідно зазначити, що у варіантах без використання сидератів продуктивність була нижчою на 8,2% і становила 7,87 т з. о./га.

Розрахунок енергетичної ефективності технологій вирощування культур короткочастотної сівозміни в умовах зрошення свідчить, що найбільші витрати в досліді в середньому за чинником А були отримані за диференційованого та різноглибинного безполицевого обробітків ґрунту на рівні 27,00 та 27,34 ГДж/га, відповідно.

За мілкої одноглибинної системи основного обробітку сукупні витрати енергії знизилися до 26,45 ГДж/га, а найменшими вони були за нульового обробітку ґрунту в сівозміні з показником 25,27 ГДж/га, що менше на 6,8%, порівнюючи з контролем. Також слід зазначити вплив системи удобрення на показники енергетичних витрат у досліді. Зокрема, застосування органо-мінеральної системи удобрення з внесенням N<sub>90</sub>P<sub>40</sub> + сидерат + післяжнивні рештки сформувало витрати на рівні 24,94 ГДж/га, збільшення дози азотного добрива до N<sub>105</sub>P<sub>40</sub> + сидерат із післяжнивними рештками підвищило витрати до 26,35 ГДж/га, а найбільші

витрати 26,37 ГДж/га було отримано за системи удобрення з внесенням  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки, де показники були більшими на 11,5%, порівнюючи з контролем. Водночас застосування сидеральної культури практично не позначилося на показниках середніх сукупних витрат енергії.

Наприклад, на одному фоні мінерального живлення без використання сидерації отримано в середньому за чинником В витрати на рівні 26,01 ГДж/га проти 26,37 ГДж/га у варіантах, де сидеральна культура не використовувалась (табл. 3).

**Таблиця 3. Енергетична ефективність технологій вирощування сільськогосподарських культур за різних систем обробітку ґрунту, удобрення та сидерації (середня по сівозміні, 2016–2019 рр.)**

**Table 3. The energy efficiency of agricultural culture technologies with different soil processing systems, fertilization, and sideration (medium in crop rotation, 2016–2019)**

Показники ефективності	Системи обробітку ґрунту	Системи удобрення				
		$N_{90}P_{40}$ + сидерат	$N_{105}P_{40}$ + сидерат	$N_{120}P_{40}$ + сидерат	$N_{120}P_{40}$	У середньому за чинником А
Витрати енергії, ГДж/га	Диференційована	25,44	26,85	28,17	27,55	27,00
	Одноглибинна мілка	24,89	26,30	27,62	26,98	26,45
	Безполицева різноглибинна	25,79	27,19	28,51	27,87	27,34
	Нульовий обробіток	23,64	25,05	26,37	26,01	25,27
У середньому за чинником В		24,94	26,35	27,67	27,10	
Вихід валової енергії, ГДж/га	Диференційована	119,65	127,10	135,44	127,12	127,33
	Одноглибинна мілка	118,75	127,33	136,17	128,30	127,64
	Безполицева різноглибинна	125,66	132,98	142,16	132,17	133,24
	Нульовий обробіток	104,70	111,09	113,96	108,34	109,52
У середньому за чинником В		117,19	124,63	131,93	123,98	
КЕЕ	Диференційована	4,64	4,70	4,81	4,59	4,69
	Одноглибинна мілка	4,71	4,80	4,92	4,72	4,79
	Безполицева різноглибинна	4,81	4,84	4,96	4,70	4,83
	Нульовий обробіток	4,37	4,40	4,32	4,16	4,31
У середньому за чинником В		4,63	4,69	4,75	4,54	

Також слід зазначити вплив системи удобрення на показники виходу валової енергії. Зокрема, в середньому за чинником В за варіанта удобрення  $N_{90}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки був отриманий вихід на рівні 117,19 ГДж/га. За покращення азотного живлення та застосування дози  $N_{105}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки отримано вихід енергії на рівні 124,63 ГДж/га. Найвищий вихід валової енергії на гектар сівозмінної площі 131,93 ГДж/га було отримано за дози  $N_{120}P_{40}$  + сидерат, що вище контролю на 12,6%.

Водночас необхідно відмітити вплив основного обробітку ґрунту, удобрення та сидерації на показники коефіцієнта енергетичної ефективності (КЕЕ). Зокрема, в середньому за чинником В показник сформувався на рівні 4,69, застосування мілкого одноглибинного обробітку збільшило цей показник до 4,79. Найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності в досліді сформувався за системи різноглибинного безполицевого розпушування – 4,83, що вище в середньому на 3%, порівнюючи з контролем. Найменший же коефіцієнт енергетичної ефективності в

досліді сформувався за нульового обробітку ґрунту в сівозміні – 4,31, що менше на 8,8%. Також відмічено вплив системи удобрення на показники коефіцієнта енергетичної ефективності. Зокрема, за дози  $N_{90}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки показник знаходився в межах 4,63. Підвищення дози азотного добрива до  $N_{105}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки збільшило показник до 4,69, що більше на 12,9%, порівнюючи з контролем. Водночас максимальний показник у досліді 4,75 сформувався за системи удобрення з внесенням  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки, що більше на 2,3%, порівнюючи з контролем. Що стосується впливу сидеральної культури на показники коефіцієнта енергетичної ефективності, то можна сказати так: без використання сидерації показники сформувалися на рівні 4,54, а застосування сидеральної культури завдяки збільшенню виходу валової енергії на гектар сівозмінної площі сформувало показник на рівні 4,75, що вище на 4,6%, порівнюючи з контролем.

Практично однакові показники з контрольним варіантом було отримано за безполіцевого мілкого обробітку в сівозміні – 110,9–128,3 ГДж/га, залежно від системи удобрення за середнього коефіцієнта енергетичної ефективності 4,84. Водночас найменшими показниками приходу енергії відзначився варіант нульового обробітку ґрунту – 99,08–108,34 ГДж/га, залежно від системи удобрення, за середнього коефіцієнта енергетичної ефективності 4,39.

Що стосується системи удобрення, то можна сказати, що найбільшими показниками приходу енергії відзначилася система удобрення  $N_{120}P_{40}$  – на рівні 108,3–132,2 ГДж/га, залежно від системи основного обробітку ґрунту, за коефіцієнта ефективності 4,76. Трохи меншими коливаннями відзначився варіант  $N_{105}P_{40}$  – 105,47–119,46 ГДж/га за коефіцієнта 4,72 та найменші показники в досліді були отримані за варіанта удобрення  $N_{90}P_{40}$ . Використання сидерата збільшує загальні витрати на технологію вирощування в середньому по сівозміні на 1,3–2,2%.

Проте прихід енергії з варіантів досліду, де використовувалася сидерація, значно більший. Зокрема, за однієї системи удобрення з використанням диференційованого обробітку ґрунту вихід валової енергії збільшився на 6,5% за середнього коефіцієнта енергетичної ефективності 4,69, за системи безполіцевого мілкого обробітку в сівозміні – на 6,1% за

коефіцієнта енергоефективності 4,89, за системи безполіцевого різноглибинного розпушення – на 7,5% за коефіцієнта 4,82 та найменші показники за нульового обробітку ґрунту – 5,2% за коефіцієнта 4,31.

Водночас за всіх систем удобрення з використанням сидеральної культури найвищий енергетичний ефект забезпечує безполіцева різноглибинна система основного обробітку ґрунту, що в середньому на 3,7% більше, ніж контроль. За системи удобрення  $N_{120}P_{40}$  із застосуванням сидеральної культури КЕЕ був найбільшим і становив 4,96. Застосування нульової системи основного обробітку призводить до зниження енергетичної окупності витрат на 10,0–14,8%, залежно від системи удобрення, порівнюючи з контролем.

**Висновки.** Дослідженнями, проведеними протягом 2016–2019 років, встановлено, що використання різноглибинної системи основного обробітку ґрунту на основі чизельного розпушування формує максимальну продуктивність сівозміни, що зі свого боку формує найбільший енергетичний коефіцієнт.

### Бібліографія

1. Ківер В. Х., Онопрієнко Д. М. Енергозаощадлива агротехнологія виробництва зерна кукурудзи на зрошуваних землях. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 4. С. 74–81. doi: 10.31073/agrovisnyk 201904-11.
2. Григоров М. С. Водосберегающие технологии выращивания с.-г. культур. Волгоград : ВГСХА, 2001. 169 с.
3. Вожегова Р., Влашук А., Колпакова О. Вирощування кукурудзи на зрошенні в умовах Південного Степу України. *Пропозиція*. 2017. № 3. С. 104–108.
4. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине / Ф. Ф. Адамень и др. Київ : Аграрна наука, 2006. 456 с.
5. Базалій В. В., Добровольський А. В. Наукові можливості підвищення ефективності виробництва продукції соняшника. *Таврійський науковий вісник*, 2015. № 93. С. 3–6.
6. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (зрошуване землеробство) : навчальний посібник. Херсон : Грін Д. С., 2014. 448 с.

### Bibliohrafiia

1. Kiver, V. Kh., Onoprienko, D. M. (2019), Enerhozaschadlyva ahrotekhnolohiia vyrobnytstva

zerna kukurudzy na zroshuvanykh zemliakh. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 74–81. doi: 10.31073/agrovisnyk 201904-11.

2. Hryhorov, M. S. (2001). Vodosberehayushchye tekhnolohyy vyrashchivanyya s.-h. kultur. Volgograd : VGSHA.

3. Vozhegova, R., Vlashuk, A., & Kolpakova, O. (2017). Vyroshchuvannya kukurudzy na zroshenni v umovakh Pivdenного Stepu Ukrainy. *Propozitsia*, 3, 104–108.

4. Adamen, F. F., Vergunov, V. A., Lazar, P. N., & Vergunova, I. N. (2006). Agrobiologicheskiye osobennosti vozdeleyvaniya soi v Ukraine. Kyiv : Agrarian science.

5. Bazaliy, V. V., & Dobrovolskiy, A. V. (2015). Naukovi mozhlivosti pidvishennia efektyvnosti virobnictva produkciyi soniashnika. *Tavriyskiy naukoviy visnik*, 93, 3–6.

6. Ushkarenko, V. O., Vozhegova, R. A., Goloborodko, S. P., & Kokokhin, S. V. (2014). Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemle-robstvo) : navchalnyy posibnyk. Kherson : Grin D. S.

## References

1. Kiver, V. H., & Onoprienko, D. M. (2019). Energy-saving agrotechnology of corn grain production on irrigated lands. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 74–81. doi: 10.31073/agrovisnyk 201904-11 [in Ukraine].

2. Grigorov, M. S. (2001). Water-saving technologies for growing agricultural cultures. Volgograd : VGSHA [in Russian].

3. Vozhegova, R., Vlashchuk, A., & Kolpakova, O. (2017). Growing corn under irrigation in the Southern Steppe of Ukraine. *Offer*, 3, 104–108 [in Ukraine].

4. Adamen, F. F., Vergunov, V. A., Lazar, P. N., & Vergunova, I. N. (2006). Agrobiological features of soybean cultivation in Ukraine. Kyiv : Agrarian Science [in Russian].

5. Basaliy, V. V., & Dobrovolsky, A. V. (2015). Scientific opportunities to increase the efficiency of sunflower production. *Tavriya Scientific Bulletin*, 93, 3–6 [in Ukraine].

6. Ushkarenko, V. O., Vozhegova, R. A., Goloborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). Methods of field experiment (irrigated agriculture). Kherson : Green D. S. [in Ukraine].