

# ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

УДК 633.1:631.021.51:631.8:631.67 (477) [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-23](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-23)

## ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

**Вожегова Р.**, д-р с.-г. наук, проф., акад. НААНУ,  
<https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>, e-mail: izz.ua@ukr.net

**Гальченко Н.**, канд. с.-г. наук,  
<https://orcid.org/0000-0002-1717-5101>, e-mail: nat.galchenko@ukr.net

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту зрошуваного землеробства НААН

**Котельников Д.**, канд. с.-г. наук,  
<https://orcid.org/0000-0002-8889-8841>, e-mail: dmkotel@gmail.com

ФГ «ЮКОС і К»

**Малярчук В.**, канд. с.-г. наук,  
<https://orcid.org/0000-0003-1459-0956>, e-mail: zemlerob\_mvm@ukr.net,  
Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

### Анотація

У статті відображено результати досліджень із вивчення показників продуктивності сівозміни та енергетичної ефективності складових технологій вирощування культур сівозміни залежно від різних способів і глибини основного обробітку ґрунту.

**Метою досліджень** було визначення впливу основного обробітку ґрунту та удобрення на показники продуктивності сівозміни і показники економічної ефективності технології вирощування культур сівозміни в зрошуваних умовах півдня України.

**Методи:** польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний та загально визнані в Україні методики і методичні рекомендації.

Дослідження проводились протягом 2016-2019 рр. на дослідних полях Асканійської ДСДС ІЗЗ НААН України.

**Результати.** Використання диференційованої та мілкої одноглибинної системи основного обробітку ґрунту призвело до однакових показників продуктивності на рівні 8,21 та 8,22 т. з. о./га виробленої продукції. Однак застосування різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту збільшило показник продуктивності до 8,49 т з. о./га, або на 3,3 %, а за нульового обробітку ґрунту були отримані найменші показники продуктивності 7,15 т з. о./га. Водночас, за органо-мінеральної системи удобрення  $N_{90}P_{40}$  + сидерат + пожнивні рештки отримано продуктивність на рівні 7,61 т з. о./га. Покращення живлення культур сівозміни до  $N_{105}P_{40}$  + сидерат разом з загортанням пожнивних решток збільшило цей показник до 8,06 т з. о./га, або на 5,9 % більше порівняно з контролем. Водночас максимальні показники продуктивності 8,52 т з. о./га були отримані за системи удобрення  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки, що фактично більше на 12 % порівняно з контролем. Зменшення загальних витрат енергії було отримано за мілкої одноглибинної системи основного обробітку з показником 26,45 ГДж/га, а найменшим – 25,27 ГДж/га за нульового обробітку ґрунту, що менше на 6,8 % порівняно з контролем. Застосування органо-мінеральної системи удобрення  $N_{90}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки сформувало витрати на рівні 24,94 ГДж/га, збільшення живлення культур сівозміни до  $N_{105}P_{40}$  + сидерат з післяжнивними рештками збільшило витрати до 26,35 ГДж/га, а найбільші витрати – 26,37 ГДж/га було отримано у варіанті  $N_{120}P_{40}$  + сидерат, де показники були більші на 11,5 % порівняно з контролем. Практично однакові показники прибутку енергії було отримано у системах диференційованого та одноглибинного мілкою обробітку

ґрунту – 127,33 та 127,64 ГДж/га відповідно. Застосування системи різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту збільшило показник до 133,24 ГДж/га.

**Висновок.** Розрахунок енергетичної ефективності свідчить, що вирощування сільськогосподарських культур за внесення  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки та за системи різноглибинного безполицевого розпушування ґрунту є найбільш доцільним і виправданим з енергетичної точки зору. Технологія вирощування, яка базується на цих агротехнологічних заходах забезпечує отримання максимального енергетичного коефіцієнту на рівні 4,96.

**Ключові слова:** сівозмінна, продуктивність культур, спосіб і глибина обробітку ґрунту, енергетична ефективність.

**Вступ.** В умовах ринкової економіки питання раціонального використання енергетичних ресурсів, впровадження енергетично ошадливих і високоефективних агротехнологій набувають особливого значення. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур залежить від низки чинників, серед яких агрохімічні та агротехнічні заходи є визначальними в досягненні сталого енергетичного балансу [Паламарчук В. та ін., 2013]. Відношення енергії врожаю до зазначених енергетичних витрат лежить в основі коефіцієнта енергетичної ефективності, який нині є найбільш вживаним індикатором у проведенні розрахунків енергетичного балансу [Паламарчук В. та ін., 2010].

Низка дослідників вважає, що сучасні агротехнології мають базуватись на засадах енергетичної ефективності і сталості виробництва. Енергетичні витрати, зазначені через агротехнічні заходи, мають супроводжуватись високою енергетичною віддачею, забезпечувати сталість енергетичного балансу ґрунту за вмістом гумусу і поживних речовин та сприяти зростанню енергії врожаю [Тараріко Ю. та ін., 2001; Тараріко Ю., 2009].

Однак багаторічне застосування зрошення та нераціональне використання поливної води, невиконання вимог впровадження науково обґрунтованої інтенсивної систем землеробства на зрошуваних землях призвели до зниження показників родючості сільськогосподарських земель [Засуха Т., 1998; Рідей Н. та ін., 2000; Барштейн Л. та ін., 2002]. Разом із тим збереження родючості ґрунту, ефективне використання земельних,

водних і викопних ресурсів та науково обґрунтованих технологій вирощування сільськогосподарських культур є головними чинниками підвищення економічної ефективності сільськогосподарського виробництва [Richard G. Allen et al., 1998]. Найважливіше значення при цьому має комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на покращення меліоративного стану, агрофізичних властивостей, поживного режиму ґрунтів та фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур в агроценозах у зоні дії найпотужніших зрошувальних систем України [Richardson G. P., 1997].

**Постановка завдань.** У сучасному землеробстві з гострим дефіцитом внесення гною високої енергетичної ефективності агротехнологій на засадах сталості можна досягти за застосування таких альтернативних джерел органіки, як побічна продукція, сидерати, мергель, сапропель тощо. Використання на добриво побічної продукції істотно зменшує обсяги вносу елементів живлення із ґрунту, забезпечує відновлення енергії гумусу, посилює трансформацію енергії поживних речовин в енергію врожаю вирощуваних культур [Авраменко С., 2011].

Мета дослідження – дослідити вплив різних систем основного обробітку ґрунту, удобрення та сидерації на процеси енергетичної ефективності технології вирощування культур коротко-ротаційної сівозмінні та аналізу енергетичних витрат у вирощуванні культур в умовах зрошення Півдня України.

**Методи і матеріали.** Дослідження проводились протягом 2016–2019 рр. на дослідних полях Асканійської державної

сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошувального землеробства НААН України, яка розташована в зоні дії Каховської зрошувальної системи, в чотирипільній зерно-просапній сівозміні з наступним чергуванням культур: кукурудза на зерно-ячмінь озимий з післяжнивним посівом гірчиці сарептської на сидерат-соя-пшениця озима з післяжнивним посівом гірчиці сарептської на сидерат.

Фактор А (система основного обробітку ґрунту):

1. Диференційована система основного обробітку ґрунту (контроль);
2. Безполіцева мілка одноглибинна система основного обробітку ґрунту;
3. Система безполіцевого різноглибинного обробітку ґрунту;
4. Нульова система основного обробітку ґрунту.

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

1. Органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{90}P_{40}$  + післяжнивні рештки та використанням сидеральної культури (гірчиця сарептська);
2. Органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{105}P_{40}$  + післяжнивні рештки та використанням сидеральної культури (гірчиця сарептська);
3. Органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{120}P_{40}$  + післяжнивні рештки та використанням сидеральної культури (гірчиця сарептська).
4. Органо-мінеральна система удобрення з внесенням  $N_{120}P_{40}$  + післяжнивні рештки.

Ґрунт дослідного поля темно-каштановий середньо-суглинковий з низькою забезпеченістю нітратами та середньою рухомим фосфором і обмінним калієм. Режим зрошення забезпечував підтримання передполивного порога зволоження під посівами культур сівозміни на рівні 70 % НВ в шарі ґрунту 0-50 см.

Під час експерименту використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-по-

рівняльний, математично-статистичний методи з використанням загально визнаних методик і методичних рекомендацій [Корнійчук, Зозуля, 1995; Вожегова та ін., 2014; Ушкаренко та ін., 2014].

**Результати.** Використання різноглибинної системи основного обробітку ґрунту збільшує продуктивність кукурудзи на 4,9 %, сої – на 3,7 %, ячменю озимого та пшениці озимої в середньому на 1,4 та 3,2 %, відповідно, порівняно з контролем. Зменшення глибини основного обробітку до 12-14 см в системі мілкої безполіцевої обробітку ґрунту призвело до зниження продуктивності кукурудзи на 6,4 % та сої на 1,6 % порівняно із системою різноглибинного безполіцевої обробітку ґрунту та не впливає на показники продуктивності пшениці та ячменю. Водночас, за нульового обробітку ґрунту відзначалась максимальна засміченість, що зі свого боку знизило продуктивність кукурудзи на 19,5 % та сої на 15,6 %, тоді як озимого ячменю на 7,0 % а пшениці на 5,2 % (табл. 1).

Найменші ж показники були отримані в досліді за нульового обробітку ґрунту на рівні 6,84-7,50 т з. о./га з максимальними показниками у варіанті удобрення  $N_{120}P_{40}$  + сидерат, що в середньому на 12 % нижче порівняно з контролем. Слід відзначити, що використання сидерата також позитивно впливало на продуктивність сівозміни.

Проведені дослідження продуктивності зерно-просапної сівозміни протягом 2016-2019 років дають змогу стверджувати, що використання диференційованої та мілкої одноглибинної системи основного обробітку ґрунту призвело до однакових показників продуктивності на рівні 8,21 та 8,22 т. з. о./га виробленої продукції. Однак застосування різноглибинного безполіцевої обробітку ґрунту збільшило показник продуктивності до 8,49 т з. о./га або на 3, 3%. Водночас за нульового обробітку ґрунту в сівозміні були отримані найменші показники продуктивності – 7,15 т з. о./га

Також слід зазначити вплив системи

**Таблиця 1 - Продуктивність зерно-просапної сівозміни за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення середнє 2016-2019, т/га**

Спосіб і глибина обробітку ґрунту (А)	Система удобрення (В)	Кукурудза 28-30 см (о)	Соя 28-30 (о)	Пшениця озима 12-14 см (д)	Ячмінь озимий 12-14 (д)	Продуктивність сівозміни, з.о.	Середнє по фактору А
Диференційована	$N_{90}P_{40}$ + сидерат	11,87	4,73	7,85	6,80	7,81	8,21
	$N_{105}P_{40}$ + сидерат	12,64	5,12	8,17	7,04	8,24	
	$N_{120}P_{40}$ + сидерат	13,37	5,39	8,65	7,47	8,72	
	$N_{120}P_{40}$	12,51	4,97	8,14	6,56	8,05	
Мілка одноглибинна	$N_{90}P_{40}$ + сидерат	11,54	4,88	7,61	6,89	7,73	8,22
	$N_{105}P_{40}$ + сидерат	12,48	5,39	8,03	7,10	8,25	
	$N_{120}P_{40}$ + сидерат	13,24	5,49	8,64	7,67	8,76	
	$N_{120}P_{40}$	12,43	4,88	8,19	6,97	8,12	
Різноїглибинна безполицева	$N_{90}P_{40}$ + сидерат	12,39	4,92	7,86	7,06	8,06	8,49
	$N_{105}P_{40}$ + сидерат	13,25	5,40	8,20	7,25	8,52	
	$N_{120}P_{40}$ + сидерат	14,14	5,56	8,99	7,72	9,10	
	$N_{120}P_{40}$	13,10	5,08	8,22	6,74	8,28	
Нульовий обробіток	$N_{90}P_{40}$ + сидерат	10,19	4,10	7,20	5,88	6,84	7,15
	$N_{105}P_{40}$ + сидерат	10,67	4,48	7,70	6,09	7,23	
	$N_{120}P_{40}$ + сидерат	10,95	4,67	8,00	6,38	7,50	
	$N_{120}P_{40}$	10,35	4,23	7,75	5,84	7,04	
В середньому по фактору В		7,61	8,06	8,52	7,87		
НІР <sub>05</sub>		0,39	0,17	0,29	0,25		

удобрення на продуктивність сівозміни. Скажімо, в середньому в розрізі фактора В за органо-мінеральної системи удобрення  $N_{90}P_{40}$ +сидерат+пожнивні рештки отримано продуктивність на рівні 7,61 т з. о./га. Покращення живлення культур сівозміни до  $N_{105}P_{40}$ +сидерат разом із загортанням пожнивних решток збільшило цей показник до 8,06 т з. о./га, або на 5,9 % більше порівняно з контролем. Водночас максимальні показники продуктивності 8,52 т з. о./га були отримані за системи  $N_{120}P_{40}$ +сидерат+післяжнивні рештки, що фактично більше на 12 % порівняно

з контролем. Також необхідно відзначити вплив сидеральної культури на показники продуктивності культур сівозміни в умовах зрошення. Ось, на варіантах використання сидерації отримано 8,52 т з. о./га, а без використання сидерації лише 7,87 т з. о./га, що фактично менше на 8,2 % порівняно з контролем.

Розрахунок енергетичної ефективності технології вирощування культур коротко-ротаційної сівозміни в умовах зрошення дає змогу свідчити, що найбільші витрати в досліді в середньому по фактору А були отримані за диференційованого та

**Таблиця 2 – Енергетична ефективність технологій вирощування сільськогосподарських культур за різних систем обробітку ґрунту, удобрення та сидерації (середнє по сівозміні, 2016-2019 р.)**

Показник ефективності	Система обробітку ґрунту	Система удобрення				
		$N_{90}P_{40}+$ сидерат	$N_{105}P_{40}+$ сидерат	$N_{120}P_{40}+$ сидерат	$N_{120}P_{40}$	середнє по фактору А
Затрати 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
В середньому по фактору 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
В середньому по фактору 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
В середньому в розрізі фактора В		4,63	4,69	4,75	4,54	

різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту на рівні 27,00 та 27,34 ГДж/га відповідно (табл. 2).

Зменшення загальних витрат енергії було отримано за мілкої одноглибинної системи основного обробітку 26,45 ГДж/га, та найменші показники в досліді 25,27 ГДж/га отримані за нульового обробітку ґрунту в сівозміні, що менше на 6,8 % порівняно з контролем. Також слід зазначити вплив системи удобрення на показники енергетичних витрат в досліді. Застосування органо-мінеральної системи удобрення  $N_{90}P_{40}+$  сидерат + післяжнивні рештки сформувало витрати на рівні 24,94 ГДж/га, збільшення живлення культур сівозміні до  $N_{105}P_{40}+$  сидерат з післяжнивними рештками збільшило витрати до 26,35 ГДж/га, а найбільші витрати 26,37 ГДж/га було отримано у варіанті  $N_{120}P_{40}+$  сидерат, де показники були більше на 11,5 % порівняно з контролем. Водночас застосування сидеральної культури практично не позначились на показниках витрат середніх сукупних витрат енергії. Ось на одному фоні мінерального живлення без використання сидерації

отримано в середньому у розрізі фактора В витрати на рівні 26,01 ГДж/га проти 26,37 ГДж/га на варіантах де сидеральна культура не використовувалась.

Що стосується виходу валової енергії, то було отримано таке. Практично однакові показники прибутку енергії було отримано за систем диференційованого та одноглибинного мілкового обробітку 127,33 та 127,64 ГДж/га відповідно. Застосування системи різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту збільшило вихід до 133,24 ГДж/га, а найменший валовий прихід енергії було отримано за нульового обробітку ґрунту в сівозміні лише 109,52 ГДж/га, що менше в середньому на 21,7 % порівняно з контролем.

Також слід зазначити вплив системи удобрення на показники виходу валової енергії. От у середньому в розрізі фактора В у варіанті удобрення  $N_{90}P_{40}$  сидерат + післяжнивні рештки був отриманий вихід на рівні 117,19 ГДж/га. Покращення живлення та застосування  $N_{105}P_{40}+$  сидерат + післяжнивні рештки отримано вихід енергії на рівні 124,63 ГДж/га. Найвищий вихід валової енергії на гектар виробленої

продукції – 131,93 ГДж/га було отримано за дози  $N_{120}P_{40}$  + сидерат, що вище контролю на 12,6 %. Також слід відзначити вплив сидеральної культури на показники виходу валової енергії. Скажімо з використанням сидерату отримано 123,98 ГДж/га проти 131,93 ГДж/га за використання сидерації, що вище на 6,4 % порівняно з контролем.

Водночас необхідно відзначити вплив основного обробітку ґрунту, удобрення та сидерації на показники коефіцієнта економічної ефективності виробленої продукції. Ось у середньому в розрізі фактора В показник сформувався на рівні 4,69, застосування мілкого одноглибинного обробітку ґрунту збільшило показник до 4,79. Найбільший коефіцієнт економічної ефективності в досліді сформувався за системи різноглибинного безполицевого розпушування – 4,83, що вище в середньому на 3 % порівняно з контролем. Найменший же коефіцієнт економічної ефективності в досліді сформувався за нульового обробітку ґрунту в сівозміні 4,31, що менше на 8,8 %. Також відзначено вплив системи удобрення на показники коефіцієнту економічної ефективності. За дози  $N_{90}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки показники перебував у межах 4,63. Покращення живлення до  $N_{105}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки збільшило показник до 4,69, що більше на 12,9 % порівняно з контролем. Водночас максимальний показник в досліді 4,75 сформувався за системи удобрення  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки, що більше на 2,3 % порівняно з контролем. Що стосується впливу сидеральної культури на показники коефіцієнту економічної ефективності, то можна сказати, що без використання сидерації показники сформувались на рівні 4,54, а застосування сидеральної культури завдяки збільшенню виходу валової енергії на гектар виробленої продукції сформувало показник на рівні 4,75, що вище на 4,6 % порівняно з контролем.

**Обговорення.** Система удобрення і вдаль компонування сівозмін за набором сільськогосподарських культур є одними із

найдешевших і найефективніших чинників регулювання енергетичного балансу. Оптимізація системи удобрення регулює енергетичні потоки в системі ґрунт-рослина, визначає ефективність трансформації енергії в кінцеву врожайність, впливає на обсяги накопичення енергії у ґрунті. За оптимізації структури сівозмін енергетична ефективність добрив значно зростає, що дає змогу досягти енергетичного балансу за мінімальних енергетичних витрат [Кириченко В., 2004].

Так і в наших дослідженнях, за органічно-мінеральної системи удобрення  $N_{90}P_{40}$  + сидерат + пожнивні рештки отримано продуктивність на рівні 7,61 т з. о./га. Покращення живлення культур сівозміні до  $N_{105}P_{40}$  + сидерат разом із загортанням пожнивних решток збільшило цей показник до 8,06 т з. о./га або на 5,9 % більше порівняно з контролем. Водночас максимальні показники продуктивності 8,52 т з. о./га були отримані за системи живлення  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки, що фактично більше на 12 % порівняно з контролем.

**Висновок.** Розрахунок енергетичної ефективності свідчить, що вирощування сільськогосподарських культур за внесення  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + післяжнивні рештки та за системи різноглибинного безполицевого розпушування ґрунту є найбільш доцільним і виправданим з енергетичної точки зору. Технологія вирощування, яка базується на цих агротехнологічних заходах забезпечує отримання максимального енергетичного коефіцієнта на рівні 4,96.

### Перелік літератури

- Авраменко С. (2011). Біологічна врожайність просапних культур Agroexpert: практичний посібник аграрія, 7 (36), 22–24.
- Барштейн Л., Шкаредний І., Якименко В. (2002). Сівозміни, обробіток ґрунту та удобрення в зонах бурякосіяння. Наукові праці Інституту цукрових буряків : збірник наукових праць. Київ : ІЦБ, 480.
- Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Мальярчук М. П. та ін. (2014). Методика польо-

вих і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінь Д. С., 286.

Засуха Т. (1998). Біоенергетична оцінка технологій вирощування кормових і зернофуражних культур: методичні рекомендації. Київ: Міжнар. фін. Агенція, 22.

Корнійчук О., Зозуля Т. (1995). Методичні вказівки по біоенергетичній оцінці технології вирощування польових та кормових культур. Вінниця: ВДСГІ, 26.

Методика польового досліду. (Зрошуване землеробство): навчальний посібник (2014). Ушкаренко В. О, Вожегова Р. А., Голобородько С. П. та ін. Херсон: Грінь Д.С., 448.

Паламарчук В. та ін. (2010). Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур : навчальний посібник, Вінниця, 680.

Паламарчук В. та ін. (2013). Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: підручник, Вінниця, 636.

Рідей Н., Шикуча М., Мельничук Д. (2000). Принципи біохімічної саморегуляції та саморегуляції ґрунтової родючості в біологічному землеробстві. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. Київ, 227–244.

Тараріко Ю., Несмашна О., Глущенко Л. (2001). Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур : методичні рекомендації. Київ : Нора-прінт, 60 .

Тараріко Ю. (2009). Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ : ДІА, 16.

Биоэнергетический анализ: методические рекомендации (2004). В. Кириченко. Луганск : ЛНАУ, 51.

Sadras V. O., Cassman K. G. G., Grassini P. And etc. (2015). Yield gap analysis of field crops. Methods and case studies. FAO Water Reports. Rome, Italy, 41, 82.

Richard G. Allen. Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith.(1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, 300.

Richardson G. P. (1997). Problems in causal loop diagrams revisited. System Dynamics Review. Vol. 13, 247–252.

## References

Avramenko S. (2011). Biological yield of row crops. Agroexpert: a practical guide for farmers, 7 (36), 22–24.

Barshtein L., Shkaredny I., Yakymenko V. (2002). Croprotations, tillage and fertilizers in beets owing areas. Scientific works of the Institute of sugar beets: a collection of scientific works. Kyiv: ICB, 480.

Kirichenko V. (2004). Bioenergetic analysis: methodical recommendations. Lugansk: LNAU, 51.

Korniyuchuk O., Zozulya T. (1995). Methodical instructions on bioenergetic assessment of technology for growing field and fodder crops. Vinnytsia: VDSGI, 26.

Methods of the field experience. (Irrigated agriculture): trainaid (2014). V.O. Ushkarenko et al. Kherson, 448.

Palamarchuk V. Et al. (2010). Ecological-biological and technological principles of growing field crops: a textbook Vinnytsia. 680.

Palamarchuk V. Et al. (2013). Biology and ecology of agricultural plants: a textbook Vinnytsia, 636.

Richard G. Allen., Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith(1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, 300.

Richardson G. P. (1997). Problems in causal loop diagrams revisited. System Dynamics Review, Vol. 13, 247–252.

Ridey N., Shikula M., Melnichuk D. (2000). Principles of biochemical self-regulation and self-regulation of soil fertility in organic farming. Soil protective biological system of agriculture in Ukraine. Kyiv, 227–244.

Sadras V. O. Cassman K. G. G., Grassini P. And etc (2015). Yield gap analysis of field crops. Methods and case studies. FAO Water Reports. Rome, Italy, 41, 82.

Tarariko Y., Nesmashna O., Glushchenko L. (2001). Energy assessment of farming systems and technologies for growing crops: guidelines. Kyiv: Nora-print. 60.

Tarariko Y. (2009). Systems of bioenergy agricultural production. Kyiv: DIA. 16.

Vozhehova, R. A., & Lavrynenko, Yu. O.

- (2014). [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]. Kherson: Hrin' D. S. 286.
- Zasuha T. (1998). Bioenergetic assessment of technologies for growing fodder and forage crops: guidelines Kyiv: International. Finn. agency. 22.

UDC 633.1:631.021.51:631.8:631.67 (477)

## ENERGY EFFICIENCY OF TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS ON THE IRRIGATED LANDS OF THE SOUTH OF UKRAINE

**Vozhegova R.**, D-r Agr. Scs, Acad.

<https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>, e-mail: izz.ua@ukr.net

Institute of irrigated agriculture of NAAS

**Galchenko N.**, Phd Agr. Scs,

<https://orcid.org/0000-0002-1717-5101>, e-mail: nat.galchenko@ukr.net

Askanian State Agriculture Research Station of the Institute of irrigated agriculture of NAAS

**Kotelnikov D.**, Phd Agr. Scs,

<https://orcid.org/0000-0002-8889-8841>,

Farm «YUKOS and C»

**Maliarchuk V.**, Phd Agr. Scs,

<https://orcid.org/0000-0003-1459-0956>, e-mail: zemlerob\_mvm@ukr.net

South-Ukrainian branch of the L. Pohorilyy UkrNDIPVT

### Summary

*The article reflects the results of research on the study of crop rotation productivity and energy efficiency components of crop rotation technology in terms of depending on different methods and depth of basic tillage.*

***The purpose of the research** was to determine the impact of basic tillage and fertilization on crop rotation productivity indicators and indicators of economic efficiency of crop rotation technology in irrigated conditions in the south of Ukraine. Methods: the field, in-gravimetric, visual, laboratory, calculation-comparative, mathematically-statistical and confessedly in Ukraine methods and methodical recommendations. The research was conducted during 2016-2019 in the research fields of the Askanian SARS IIA NAAS of Ukraine.*

***Results.** The use of differentiated and shallow single-depth system of basic tillage to the same productivity indicators at the level of 8.21 and 8.22 t.o.o./ha of products. However, the use of shallow tillage with different depths increased the productivity to 8.49 tons of water/ha, or 3.3%, and with no-till the lowest productivity was obtained 7.15 tons of water/ha. At the same time, the organo-mineral system of fertilizer  $N_{90}P_{40}$  + green manure + crop residues yielded at the level of 7.61 tons per hectare. The improvement of nitrogen nutrition of crop rotations to  $N_{105}P_{40}$  + green manure to get her with the earning of crop residues increased this figure to 8.06 ton so.o./ha, or 5.9% more than the control. At the same time, the maximum productivity indicators of 8.52 tons per hectare were obtained for the  $N_{120}P_{40}$  system + green manure + post-harvest residues, which is actually 12% more than in the control. The reduction of total energy consumption was obtained with a shallow single-depth system of main cultivation of 26.45 GJ/ha, and the lowest values of 25.27 GJ/ha were obtained with no-till, which is 6.8% less than in the control. Application of organo-mineral fertilizer system  $N90P40$  + green manure + post harvest residues formed costs at the level of 24.94 GJ/ha, increase of nitrogen nutrition of crop rotations to*

$N_{105}P_{40}$  + green manure with post harvest residues increased costs to 26.35 GJ/ha, and the highest costs 26.37 GJ/ha was obtained in the variant  $N_{120}P_{40}$  + green manure, where the figures were higher by 11.5% compared to the control. Almost the same energy yield was obtained for differentiated and single-depth shallow tillage systems 127.33 and 127.64 GJ/ha, respectively. The application of the system of multi-depth tillage increased the yield to 133.24 GJ/ha.

**Conclusion.** The calculation of energy efficiency testifies that growing of agricultural cultures at bringing of  $N_{120}P_{40}$  + green manure + post-harvest residues in the system of the plowless on different depth is most expedient and justified from the power point of view. Technology of growing, which is based on these agrotechnology measures provides the receipt of maximal energy coefficient at the level of 4,96.

**Keywords:** crop rotation, productivity of cultures, method and depth of soil tillage, energy efficiency.

УДК 633.1:631.021.51:631.8:631.67 (477)

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА УКРАИНЫ

**Вожегова Р.**, д-р с.-х. наук, акад. НААНУ,  
<https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>, e-mail: izz.ua@ukr.net

Институт орошаемого земледелия НААН Украины

**Гальченко Н.**, канд. с.-х. наук,  
<https://orcid.org/0000-0002-1717-5101>, e-mail: nat.galchenko@ukr.net

Асканийская государственная сельскохозяйственная опытная станция

Института орошаемого земледелия НААН

**Котельников Д.**, канд. с.-х. наук,  
<https://orcid.org/0000-0002-8889-8841>, e-mail: dmkotel@gmail.com

ФХ «ЮКОС і К»

**Малярчук В.**, канд. с.-х. наук,  
<https://orcid.org/0000-0003-1459-0956>, e-mail: zemlerob\_mvm@ukr.net,

Южно-украинский филиал УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

### Аннотация

В статье отображены результаты исследований по изучению показателей продуктивности севооборота и энергетической эффективности составляющих технологии выращивания культур севооборота в условиях в зависимости от разных способов и глубины основной обработки почвы.

**Целью исследований** было определение влияния основной обработки почвы и удобрения на показатели продуктивности севооборота и показатели экономической эффективности технологии выращивания культур севооборота в орошаемых условиях юга Украины.

**Методы:** полевой, количественно-весовой, визуальный, лабораторный, расчетно-сравнительный, математически-статистический и общепризнанные в Украине методики и методические рекомендации. Исследования проводились в течение 2016-2019 гг. на опытных полях Асканийской ГСОС ИОЗ НААН Украины.

**Результаты.** Использование дифференцированной и мелкой одноглубинной системы основной обработки привело к одинаковым показателям продуктивности на уровне 8,21 и 8,22 т. з.е./га произведенной продукции. Однако применение разноглубинной безотвальной обработки уве-

личило показатель продуктивности до 8,49 т з.е./га, или на 3,3%, а при нулевой обработке были получены наименьшие показатели продуктивности 7,15 т з.е./га. В то же время при органо-минеральной системе удобрения  $N_{90}P_{40}$  + сидерат + пожнивных остатков получена продуктивность на уровне 7,61 т з.е./га. Улучшение питания культур севооборота до  $N_{105}P_{40}$  + сидерат вместе с заделкой пожнивных остатков увеличило данный показатель до 8,06 т з.е./га, или на 5,9% больше по сравнению с контролем. В то же время максимальные показатели продуктивности 8,52 т з.е./га были получены в системе  $N_{120}P_{40}$  + сидерат+ послеуборочные остатки, что фактически больше на 12% по сравнению с контролем. Уменьшение общих расходов энергии было получено при мелкой одноглубинной системе основной обработки 26,45 ГДж/га, а наименьшие показатели 25,27 ГДж/га получены при нулевой обработке, что меньше на 6,8% по сравнению с контролем. Применение органо-минеральной системы удобрения  $N_{90}P_{40}$  + сидерат+ послеуборочные остатки сформировало расходы на уровне 24,94 ГДж/га, увеличение питания культур севооборота до  $N_{105}P_{40}$  + сидерат с послеуборочными остатками увеличило расходы до 26,35 ГДж/га, а наибольшие расходы 26,37 ГДж/га было получено в варианте  $N_{120}P_{40}$  + сидерат, где показатели были больше на 11,5% по сравнению с контролем. Практически одинаковые показатели прихода энергии были получены при системах дифференцированной и одноглубинной мелкой обработках 127,33 и 127,64 ГДж/га соответственно. Применение системы разноглубинной безотвальной обработки увеличило выход до 133,24 ГДж/га. Вывод. Расчет энергетической эффективности свидетельствует, что выращивание сельскохозяйственных культур при внесении  $N_{120}P_{40}$  + сидерат + послеуборочные остатки и в системе разноглубинного безотвального рыхления является наиболее целесообразным и оправданным с энергетической точки зрения. Технология выращивания, которая базируется на этих агротехнологических мероприятиях обеспечивает получение максимального энергетического коэффициента на уровне 4,96.

**Ключевые слова:** севооборот, продуктивность культур, способ и глубинаобработки почвы, энергетическая эффективность.