

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ КОРОТКОРОТАЦІЙНИМИ ЗРОШУВАНИМИ СІВОЗМІНАМИ

*А.О.Лимар, доктор сільськогосподарських наук, професор  
Інститут південного овочівництва і баштанництва УААН*

*Розраховано коефіцієнти використання фотосинтетичної активної радіації для окремих культур і короткоротаційних сівозмін різної спеціалізації.*

*Расчитаны коэффициенты использования фотосинтетической активной радиации для отдельных культур и короткоротационных севооборотов различной специализации.*

**Вступ.** Ефективне використання природних енергетичних ресурсів стоїть в ряді найбільше важливих проблем сучасного землеробства. На даний час в актинометрії виконано великий обсяг робіт із кліматичної оцінки фотосинтетичної активної радіації (ФАР) та її ролі як найважливішого джерела формування врожаю. Дослідження [1,2] показали, що енергетична потреба рослин є основою для розрахунку потенційно-можливого врожаю при заданому коефіцієнті використання ФАР.

У звичайних умовах коефіцієнт використання ФАР не перевищує 0,7-1,5% при теоретично можливому 6-8%. При недостатній забезпеченості факторами росту він знижується до 0,2-0,5%. Але в оптимальних умовах посіви здатні використати три і більше відсотків енергії ФАР і сформувати врожайності на рівні 100 ц/га зерна і більше. Такі результати досягаються завдяки максимальній оптимізації умов вирощування, у першу чергу — за рахунок зрошення, добрив й створення високого фотосинтетичного потенціалу посіву [3].

Підвищення ефективності енерговитрат можна досягти також і за рахунок більш раціонального використання потенціалу культурних рослин. Велику роль в цьому відіграє правильний набір культур у сівозміні для весняної, літньої й осінньої сівби, ущільнення посівів та використання сумішей культур, що дозволяє ефективно використати ФАР протягом року. Короткоротаційні

сівозміни в цьому плані є малодослідженим об'єктом.

**Матеріали та методика досліджень.** Стаціонарний дослід включав шість спеціалізованих шестипільних сівозмін з наступною схемою чергування культур:

I. 1) ярий ячмінь + люцерна, 2) люцерна, 3) люцерна, 4) цукровий буряк, 5) соя, 6) цукровий буряк;

II. 1) озима пшениця + люцерна, 2) люцерна, 3) люцерна, 4) люцерна на один укіс, післяукісна кукурудза із соєю на силос, 5) озима пшениця, післяжнивна кукурудза на зелений корм, 6) озима пшениця, післяжнивна кукурудза на зелений корм;

III. 1) озима пшениця, 2) люцерна, 3) люцерна, 4) озима пшениця післяжнивне просо, 5) озима пшениця післяжнивна гречка, 6) озимий ячмінь, післяжнивне просо;

IV. 1) горох, післяжнивне просо, 2) озима пшениця, післяжнивне просо, 3) озима пшениця, післяжнивна гречка, 4) горох, післяжнивне просо, 5) озимий ячмінь, післяжнивне просо, 6) кукурудза на зерно;

V. 1) тритикале з викою на зелений корм, післяукісна кукурудза на зелений корм з підсівом люцерни, 2) люцерна, 3) люцерна, 4) люцерна на один укіс, післяукісна кукурудза МВС із соєю, 5) озима пшениця з викою на зелений корм, післяукісна кукурудза МВС із соєю, 6) озиме жито з викою на зелений корм, післяукісна кукурудза на силос із соєю;

VI. 1) озима пшениця з викою на зелений корм, кукурудза на зелений корм з підсівом еспарцету, 2) еспарцет на один укіс, післяукісна кукурудза із соєю на силос, 3) озиме жито з викою на зелений корм, післяукісна кукурудза із соєю на силос, 4) багатокомпонентної суміші на зелений корм, післяукісна кукурудза на зелений корм з підсівом еспарцету, 5) еспарцет на один укіс, післяукісна кукурудза із соєю на силос, 6) озима пшениця з викою на зелений корм, післяукісна кукурудза із соєю на силос.

Для окремої культури сівозмін ККД ФАР розраховано за формулою:

$$\eta_k = \lambda_k \cdot M_k / Q_{\text{вп.к.}} \quad (1)$$

де  $\lambda_k$  — масова теплота згоряння для окремих культур, Мдж/кг;

$M_k$  — врожай сухої маси рослини, кг/м<sup>2</sup>;

$Q_{\text{вп.к}}$  — прихід ФАР за вегетаційний період культури, Мдж/м<sup>2</sup>.

Для характеристики ефективності використання ріллі за вегетаційний період у конкретному році при вирощуванні декількох урожаїв розраховують ККД ФАР у наступному виді:

$$h_{\text{вп}} = (S_k \cdot \lambda_k \cdot M_k) / Q_{\text{вп}}, \quad (2)$$

де  $k$  — номер культури, вирощуваної на даному полі в якості основної чи проміжної;

$Q_{\text{вп}}$  — прихід ФАР за весь вегетаційний період культур, Мдж/м<sup>2</sup>.

Характеристики ККД ФАР сівозмін за ротацію  $\eta_{\text{рот}}$  розраховані для всіх варіантів досліду за формулою:

$$h_{\text{рот}} = [S_k \cdot (\lambda_1 \cdot M_1 + \dots + \lambda_k \cdot M_k)_n] / n \cdot Q_{\text{впн}}, \quad (3)$$

де  $n$  — кількість років ротації сівозміни.

Відомості про прихід ФАР за вегетаційний період ( $Q_{\text{вп}}$ ) можна одержати за даними актинометричних спостережень найближчої метеорологічної станції, а за їх відсутності — розрахувати за сумою активних температур  $ST_a$  вище 5°C, використавши отриману нами емпіричну формулу [2]:

$$Q_{\text{вп}} = 0,50 \cdot ST_a + 223. \quad (4)$$

Експериментальне визначення масової теплоти згоряння ( $I_k$ ) досить важке. Використання літературних даних не вирішувало питання, тому що для багатьох культур наших сівозмін такі дані відсутні. Встановлена нами тісна залежність вмісту протеїну в сухій рослинній масі і масової теплоти згоряння різних культур (коефіцієнт кореляції 0,95) дає можливість використовувати наступну формулу [2,3]:

$$I_k = 1,55 + 0,25 \cdot P_{\text{пр}}, \quad (5)$$

де  $P_{\text{пр}}$  — процентний вміст протеїну в рослині.

**Результати досліджень.** Порівняльна характеристика господарської ефективності розроблених нами сівозмін за роки ротації представлена в таблиці 1. Залежно від спеціалізації й насичення

проміжними посівами змінюється вихід зерна, перетравного протеїну й кормових одиниць з гектара сівозмінної площі. Практичний інтерес виявляє зерно-кормова сівозміна III, що, поряд зі значним виходом зерна, забезпечує високий вихід перетравного протеїну. За виходом перетравного протеїну й кормових одиниць виділяються кормові сівозміни V, VI, ефективність яких зростає при насиченні проміжними посівами. На відміну від кормових у зерно-кормових сівозмінах II й III внесок проміжних посівів у вихід кормових одиниць і перетравного протеїну зменшується при насиченні їхніми проміжними посівами понад 50%. Цінними якостями володіє сівозміна I, насичена технічними культурами. Її висока продуктивність обумовлена наявністю двох полів цукрового буряка. Це культура тривалої вегетації, тому ефективно використовує ресурси тепла і ФАР.

Таблиця 1

**Продуктивність та економічна ефективність короткоротаційних сівозмін залежно від структури посіву (в середньому за ротацію)**

№ сівозміни	Структура посіву, %	Вихід з 1 га сівозмінної площі, ц				Рентабельність, %
		сухої маси	кормових одиниць	перетравного протеїну	зерна	
I	Технічні - 50, зернові - 17, кормові - 33, проміжні посіви - 0	182	154,2	17,2	11,4	195,2
II	Зернові - 50, кормові - 50, проміжні посіви - 50	210	152,7	20,7	31	139,5
III	Зернові - 67, кормові - 33, проміжні посіви - 67	173	122,7	15,0	49	131,7
IV	Зернові - 100, кормові - 0, проміжні посіви - 83	158	116,9	9,3	68	138,0
V	Зернові - 0, кормові - 100, проміжні посіви - 67	209	161,3	22,9	0	145,7
VI	Зернові - 0, кормові - 100, проміжні посіви - 100	203	171,6	19,6	0	136,0

*НІР<sub>05</sub>: кормові одиниці - 11,2; перетравний протеїн - 1,02*

Для експериментального визначення потенційного коефіцієнту корисної дії (ККД) ФАР конкретної культури використано стати-

стичний підхід, відповідно до якого з наявної вибірки визначається статистичний максимум ККД ФАР  $h_k^{cm}$  з імовірністю 99,5% за формулою:

$$h_k^{cm} = \bar{h}_k + 3s, \quad (6)$$

де  $\sigma_{\eta}$  — середнє квадратичне відхилення у даній вибірці;

$\bar{h}_k$  — середнє значення показника ККД ФАР [3].

Таблиця 2

**ККД ФАР різних культур й їхніх сумішей в короткоротаційних зрошуваних сівозмінах в середньому за ротацию, %**

Культури та їх суміші	Середнє	Мінімум (min)	Максимум (max)			Відношення max/min
			дані автора	дані інших авторів	статистичний	
Соя	0,77	0,58	1,07	1,83	1,30	1,8
Гречка післяжнивна	0,70	0,36	1,34	-	1,70	3,7
Просо післяжнивне	1,47	0,71	2,73	-	3,47	3,8
Горох	1,35	1,06	1,88	4,70	2,20	1,8
Ячмінь ярий	1,66	0,98	2,12	4,00	3,20	1,7
Ячмінь озимий	1,79	1,33	2,24	3,20	4,00	1,7
Пшениця озима	2,23	1,55	4,20	5,90	4,90	2,7
Цукровий буряк	2,68	1,88	3,85	3,90	5,10	2,0
Кукурудза на зерно	2,40	1,89	3,00	4,60	3,70	1,6
Люцерна 1-й укіс	2,75	1,78	4,10	3,00	4,50	2,3
2-й укіс	2,33	1,26	2,96	3,30	4,00	2,4
3-й укіс	1,70	1,19	2,31	3,50	3,00	1,9
4-й укіс	1,44	0,78	2,14	2,80	2,90	2,7
Еспарцет	2,45	1,03	3,84	-	5,10	3,7
Кукурудза на силос + соя	2,49	1,50	4,07	-	4,90	2,7
Кукурудза на зелений корм	3,67	2,58	5,75	-	6,10	2,2
Кукурудза на зелений корм + еспарцет	2,65	1,60	4,40	-	5,30	2,7
Тритикале + вика на зелений корм	3,63	2,72	4,85	-	5,30	1,8
Озиме жито + вика на зелений корм	3,27	2,57	4,75	-	5,30	1,9
Озима пшениця + вика на зелений корм	2,80	1,80	4,00	-	4,90	2,2

З даних таблиці 2 витікає, що, незважаючи на дотримання оптимального режиму зволоження ґрунту в умовах зрошення,

значення ККД ФАР конкретних культур й їхніх сумішей істотно міняються, про що свідчать співвідношення між максимальними й мінімальними значеннями. Найбільш істотні ці зміни для гречки й проса в післяжнивних посівах. Така мінливість ККД ФАР свідчить про те, що й в умовах зрошення вплив погодних умов на формування врожайності повністю не усувається.

Дуже розрізняються між собою окремі культури за потенційними можливостями засвоєння сонячної радіації. Найнижчі значення ККД ФАР характерні для сої, гороху, гречки й проса в післяжнивних посівах. Відсоток засвоєння ФАР зерновими колосовими й кукурудзою на зерно істотно вищий, а в озимій пшениці статистичний максимум ККД ФАР досягає 5%, що близько до його теоретично можливого значення. Високі показники мають кормові суміші, у яких статистичні максимуми досягають 5-6%.

Особливо цікаві дані про зміни ККД ФАР люцерни по окремих укосах: для цієї культури характерно закономірне зменшення ККД ФАР із черговим укосом. Така закономірність стійко повторюється по роках, і обумовлюється біологічними особливостями цієї культури.

У таблиці 3 наведено статистичну характеристику ККД ФАР сівозмін за роки ротації (мінімум і максимум  $h_{\text{вп}}$  і коефіцієнти варіації  $C_V$ ), і так само в цілому за ротацію  $h_{\text{рот}}$ , розраховані за формулою 3 для всіх варіантів досліду.

Таблиця 3

Статистична характеристика ККД ФАР короткоротаційних зрошуваних сівозмін за ротацію, %

Статистичні параметри	№ сівозміни					
	I	II	III	IV	V	VI
За ротацію ( $\eta_{\text{рот}}$ )	1,87	1,99	1,62	1,39	1,98	1,92
Мінімум ( $\eta_{\text{вп, min}}$ )	1,74	1,88	15,3	1,35	1,93	1,89
Максимум ( $\eta_{\text{вп, max}}$ )	2,41	2,38	2,04	1,71	2,43	2,40
Коефіцієнт варіації ( $C_V$ ), %	15,8	11,8	15,5	15,0	12,8	13,2

З наведених даних видно, що мінливість ККД ФАР сівозмін по роках, яка характеризується коефіцієнтом варіації  $C_V$ , стано-

виль 12-16% від середнього за ротацію значення. Це свідчить про відносну стійкість продуктивності досліджуваних сівозмін, але все-таки вплив складних агрометеорологічних умов залишається істотним. Найбільше ефективно використовують надходження ФАР сівозміни I, II, V й VI.

Отже високим коефіцієнтом використання ФАР відрізняються сівозміни, насичені довговегетуючими культурами (цукровий буряк, люцерна), а також проміжними посівами, які більш повно використовують кліматичний потенціал вегетаційного періоду.

**Висновки.** Отримано емпіричну формулу зв'язку між приходом ФАР і сумою активних температур, що дозволяє одержувати відомості про прихід ФАР на підставі даних метеорологічних станцій про температуру повітря. Уточнено методика визначення ККД ФАР різних культур з урахуванням залежності масової теплоти згоряння рослини від процентного вмісту протеїну. Виявлена позитивна роль довговегетуючих культур та проміжних посівів в підвищенні ККД ФАР посівів і сівозмін в цілому.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Агеев В.В., Хозяинов А.А. Программирование урожаев в севообороте. – Земледелие. – 1989. – №8.- С. 26-29.
2. Гойса Н.И., Лымарь А.О. Использование солнечной радиации зерновыми и кормовыми культурами в интенсивных орошаемых севооборотах / Тр. Укр. НИИ Госкомгидромета, 1988, вып. 226. – С. 12-32.
3. Лымарь А.О. Экологические основы систем орошаемого земледелия. – К.: Аграрна наука, 1997. – 401 с.