

## ОЦІНКА САФЛОРУ ЗА ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ЦІННІСТЮ

Л.О. Макаренко, К.В. Ведмедєва, Д.О. Кобзєва, Н.М. Кирпичова

*Інститут олійних культур НААН*

У статті наведені результати дослідження 6 зразків сафлору красильного з колекції Інституту олійних культур НААН України на предмет вивчення як джерела біомаси для енергетичних потреб. Збір дослідного матеріалу здійснювався у фазу бутонізації – початку цвітіння та у період господарської стиглості з перерахунком на площу. У фазу господарської стиглості визначали окремо показники вегетативної маси і отриманого насіння. В середніх пробах зразків визначали вміст олії, білка та вуглеводів. Після досягнення у більшості зразків суха вегетативна маса зменшилась від 1,00-1,52 т/га до 0,45-0,69 т/га, що призвело до зниження її енергетичного врожаю та накопичення його насінням. В результаті проведеної роботи було визначено, що сафлор можливо використовувати на паливо і для цього є перспективні зразки. У наших дослідженнях таким став сорт Лагідний із найбільшим загальним енергетичним вмістом 57,0 млн. кДж/га та врожайністю насіння 2,16 т/га.

**Ключові слова:** біомаса, сафлор, енергетичний врожай.

**Вступ.** Україна має доволі родючий ґрунт, але містить незначну кількість викопних енергоносіїв, які до того ж є не відновлюваними. Тому постає потреба пошуку альтернативних енергетичних джерел. Одним з таких найперспективніших джерел на сьогодні є біомаса рослинного походження, яка є екологічно чистим джерелом енергії [1]. Вона є найбільш реальним заміником нафтових палив [2].

Біомаса – четверте за значенням паливо у світі, дає близько 2 млрд. т умовного палива на рік, що становить близько 14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі. При цьому понад 70% поновлюваних джерел енергії походить з неї. Відбувається швидкий перехід до раціонального використання біомаси [3].

За різними оцінками, понад 70 мільйонів тон біомаси (соломи, лузги соняшнику, тирси, інших рослинних решток) щороку марнується в Україні. Така кількість біосировини за тепловою здатністю рівноцінна 35 мільярдам кубометрів газу, або майже 40 мільйонів тон вугілля [4].

До основних переваг рослинної біомаси, як джерела енергії, можна віднести екологічну чистоту викидів, порівняно з викопними видами палива, відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згорання біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу викидається менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється в 20-30 разів менше оксиду сірки і в 3-4 рази менше золи в порівнянні з вугіллям. Побічним продуктом в процесі виробництва рідкого та газоподібного біопалива та в результаті згорання твердого біопалива є органічна речовина, яку можна використовувати в якості добрив [5].

Велика кількість рослин була досліджена для визначення потенційної можливості використання їх у якості енергетичних культур, але тільки небагато видів досягли комерційного рівня і вирощуються на великих площах [1]. Значні

перспективи для біоенергетики в Україні мають деякі нетрадиційні культури, здатні накопичувати біомасу в зоні посушливого степу, зокрема завдяки своїй невибагливості та стійкості до несприятливих умов вирощування. Висока стійкість до таких умов відмічена практиками і підтверджена науковими дослідженнями у культури сафлору, яка в останні роки набула поширення. Сафлор використовується як кормова культура у чистому вигляді та у сумішах з іншими культурами на зелений корм та для виготовлення силосу. Врожай насіння є гарним кормом для птахів. Макуха у невеликих дозах використовується для годівлі тварин [6, 7].

Метою даної статі є обґрунтувати використання сафлору як джерела біомаси для енергетичних потреб, особливо в місцях, де не можуть рости інші рослини через несприятливі умови вирощування.

**Матеріали та методи дослідження.** Матеріалом дослідження є колекція сафлору красильного Інституту олійних культур НААН України в обсязі 42 зразки. Дослідження проводилися три роки – з 2011 по 2013 рік.

Посів сафлору розміщали по парі. Передпосівну культивування проводили на глибину 6-8 см. За вегетаційний період провели три ручні прополки рослин сафлору. Зразки висівали рядовим способом з міжряддям 35 см і густотою посіву 250-280 тис. рослин на гектар [8].

Визначення врожайності проводили в трьох повтореннях. На одне повторення використовували пробу у три типові середні рослини. Збір врожаю проб здійснювався вручну. Розрахунок достовірності даних проводили за методикою Б.А. Доспехова [9].

На всіх ділянках протягом вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження та біометричні вимірювання. Перший збір біомаси здійснювався у фазу бутонізації – початку цвітіння, другий збір біомаси – у період господарської стиглості з перерахунком площі на 1 га. В фазу цвітіння та господарської стиглості рослини зрізали, подрібнювали та висушували до абсолютно сухої маси, визначали вагу кожного зразка (в фазу господарської стиглості визначили окремо вагу насіння і вегетативної маси). У середніх пробах зразків визначили вміст олії, білку, вуглеводів згідно з методикою П.С. Попова [10]. При визначенні вмісту енергії ми враховували, що як джерело енергії 1 грам білка дає у середньому 16,7 кДж, 1 грам олії – 37,6 кДж, 1 грам вуглеводів – 16,7 кДж [11].

**Результати дослідження та їхнє обговорення.** На протязі 2011-2013 років було вивчено 6 зразків сафлору на ділянках площею 1,4 м<sup>2</sup> у 3 повтореннях. Проведено перший збір біомаси у фазу бутонізації – початку цвітіння, другий – у період господарської стиглості з перерахунком на площу.

За отриманими результатами у фазі початку цвітіння сафлору видно, що загальний показник енергії в рослинах варіював від 17,65 до 27,37 млн. кДж/га, а врожай сухої маси був у межах 1,00-1,52 т/га (табл. 1). Найбільший врожай сухої маси 1,24-1,52 т/га та найвищі показники енергетичного врожаю 22,22-27,37 кДж/га мали селекційні зразки К-140, Червоний колючий та Салют. Вони також відзначилися найвищим рівнем вмісту олії 12,31-13,59% та високими показниками кількості білку 7,37-9,03%, але мали найнижчий показник вуглеводів 69,66-70,45%. Противагою їм стали зразки Лагідний, Живчик та Сонячний з найменшою врожайністю сухої маси 1,00-1,19 т/га та найнижчим енергетичним врожаєм 17,65-21,16 млн. кДж/га. Такий результат був обумовлений тим, що ці зразки лише за кількістю вуглеводів змогли стати лідерами – 72,41-73,89%.

**Урожай біомаси та її складових у фазі початку цвітіння сафлору**  
(дані за 2011-2013рр.)

Назва зразку	Врожайність сухої маси, т/га ± похибка	Склад сухої маси, %			Енергетичний врожай млн. кДж/га ± похибка
		Олія, % ± похибка	Білок, % ± похибка	Вуглеводи, % ± похибка	
Живчик	1,17±0,33	9,42±0,89	7,70±2,61	73,89±2,45	19,99±3,42
К-140	1,52±0,39	13,59±0,61	7,74±1,75	69,68±1,86	27,37±1,62
Червоний колючий	1,46±0,36	12,31±0,75	9,03±0,58	69,66±0,47	25,83±4,04
Салют	1,24±0,33	13,18±0,45	7,37±2,01	70,45±2,06	22,22±3,97
Лагідний	1,00±0,35	11,65±0,77	6,94±2,31	72,41±2,17	17,65±1,42
Сонячний	1,19±0,31	11,80±2,04	5,39±1,49	73,82±2,53	21,16±3,56
Середнє по досліді	1,26	11,99	7,36	71,65	22,37

Після досягання зразків сафлору було проведено вимірювання врожайності насіння та врожаю сухого залишку рослин (табл. 2). У більшості зразків суха вегетативна маса зменшилась, порівняно з фазою бутонізації та відбулося зміщення переваги енергетичного врожаю від вегетативної маси до насіння. Загальне співвідношення вмісту білку, олії та вуглеводів у рослинній масі суттєво не змінилося.

Врожайність сухої вегетативної маси та сухої маси насіння варіювала у межах 0,45-0,69 т/га та 0,90-2,16 т/га відповідно. Найвищими ці показники стали у зразків К-140, Лагідний та Сонячний. Зразок К-140 мав найбільшу кількість олії у вегетативній масі (12,3%) та насінні (31,6%), а також білку у насінні – 16,4%, але найменшу кількість вуглеводів. Зразок Лагідний відзначився високим вмістом вуглеводів 72,8% у сухій масі та 47,8% у насінні, але мав найменшу кількість білку у вегетативній масі – 9,2% та олії у насінні – 28,6%. Усі показники хімічного складу зразку Сонячний були середніми.

Загальний показник енергії в рослинах сафлору змінювався від 27,6 до 57,0 млн. кДж/га, що у 1,5-2 рази більше, ніж отримані дані у фазу початку цвітіння. З цих даних лише 8,0-11,8 млн. кДж/га були отримані із сухої вегетативної маси, а 19,4-45,9 млн. кДж/га – з сухої маси насіння. Найвищий загальний показник енергії спостерігався у зразків К-140 (46,2 млн. кДж/га), Лагідний (57,0 млн. кДж/га) та Сонячний (47,5 млн. кДж/га).

У зразків Червоний колючий та Салют, що мали одні з найкращих результатів у фазу бутонізації, під час досягання енергетичний врожай вегетативної маси помітно знизився, але хімічний склад суттєво не змінився. Показники, отримані із сухої маси насіння не змогли компенсувати недостачу врожаю насіння. В результаті зразки Червоний колючий і Салют у досліді стали найгіршими.

Цікавим фактом є те, що серед досліджуваних зразків за показником загальний вміст енергії в рослинах та насінні найкращим став зразок Лагідний, хоча за попередніми даними він був найгірший. Але зразок Лагідний зміг перевершити інші зразки лише за деякими параметрами.



Проведене дослідження дає змогу виділити кращі енергетичні продуценти з вивчених зразків. Таким є зразки Лагідний, Сонячний та К-140.

**Висновки.** Результати досліджень засвідчують можливе застосування рослинних залишків сафлору на паливо. Використання зеленої маси менш вигідно у зв'язку з невеликим врожаєм енергії на час бутонізації та значно меншим її залишком на полі порівняно з врожаєм насіння.

Кращим з вивчених зразків за загальним енергетичним вмістом 57,0 млн. кДж/га і врожайністю насіння 2,16 т/га став сорт Лагідний, який знаходиться в Реєстрі сортів рослин України з 2012 року.

### **Література**

1. Хіврич О. Енергетичні рослини як сировина для біопалива / О. Хіврич, В. Курило, В. Квак, В. Каськів // Пропозиція. – 2011. – № 06 (192). – С. 68-73.
2. Безуглий М. Енергоносії з біосировини / М. Безуглий // Аграрний тиждень. – 2010. – №14. – С.7.
3. Кириченко Л. Нове застосування цукрового сорго / Л. Кириченко, В. Роженко // Агробізнес сьогодні. – 2011. – Грудень, № 23. – С. 32-33.
4. Шаповалов В. Енергетична незалежність у гранулах / В. Шаповалов // Аграрний тиждень. – 2010. – № 23. – С. 12.
5. Роїк М.В. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні / М.В. Роїк, В.П. Курило, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик // Біоенергетика. – 2012. – № 2-3. С. 6-8.
6. Практичні рекомендації «Вирощування сафлору красильного на Півдні України» – Херсон: Видавництво ПП «ЛТ-Офіс», 2012. – 28 с.
7. Гаврилук М.М. Олійні культури в Україні: Монографія / М.М. Гаврилук, В.Н. Салатенко, А.В. Чехов. За ред. А.В. Чехова. – К.: Основа, 2007. – 416 с.
8. Методика государственного сортоиспытания. – Киев, 1996. – 15с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропомиздат, 1985. – 352 с.
10. Попов П.С. Методы биохимической оценки селекционного материала / Биология, селекция и возделывание подсолнечника // П.С. Попов – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 77-80.
11. Служба США Национальная медицинская библиотека Национальный институт здоровья. / Пищевые жиры. / Нил К. Канеширо, ADAM, Inc [Електронний ресурс] Режим доступу:

## **ОЦЕНКА САФЛОРА ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ**

**Л.А. Макаренко, К.В. Ведмедева, Д.А. Кобзева, Н.М. Кирпичева**

В статье приведены результаты исследования 6 образцов сафлора красильного из коллекции Института масличных культур НААН Украины на предмет изучения как источника биомассы для энергетических нужд. Сбор исследовательского материала осуществлялся в фазу бутонизации – начала цветения и в период хозяйственной спелости с пересчетом на площадь. В фазу хозяйственной спелости определяли отдельно показатели вегетативной массы и полученных семян. В средних пробах образцов определяли содержание масла, белка и углеводов. После созревания в большинстве образцов сухая вегетативная масса уменьшилась от 1,00-

1,52 т/га до 0,45-0,69 т/га, что привело к снижению ее энергетического урожая и накопление его семенами. В результате проведенной работы было определено, что сафлор можно использовать на топливо и для этого есть перспективные образцы. В наших исследованиях таким стал сорт Лагидный с наибольшим общим энергетическим содержанием 57,03 млн. кДж/га и урожайности семян 2,16 т/га.

*Ключевые слова:* биомасса, сафлор, энергетический урожай.

## EVALUATION OF SAFFLOWER BY ENERGY VALUE

L.A. Makarenko, K.V. Vedmedeva, D.A. Kobzeva, N.M. Kyrpychova

The article presents the results of a study of 6 samples from the collection of safflower from Institute of oilseed crops of Ukraine for study as a source of biomass for energy purposes. Harvesting of research material was carried out in the budding stage – the beginning of flowering and during the economic maturity with the conversion of the area. Indicators of vegetative mass and received seeds determined separately in the phase of economic maturity. In secondary samples the content of oil, protein and carbohydrates were determined. After maturation dry vegetative mass in most samples decreased from 1,00-1,52 t/ha to 0,45-0,69 t/ha, which led to the lowering of energy crop and it's accumulation in seed. As a result of this work, it was determined that the safflower may be used for fuel and there are promising specimens. In our study, it was Lagidny variety with the highest total energy content of 57,03 million kJ/ha and seed yield of 2,16 t/ha.

**Key words:** biomass, safflower, energy yield.

*Рецензент: Дубова О.В., канд. біол. наук, доцент кафедри садово-паркового господарства та генетики рослин Запорізького національного університету.*

**Склад рослинної сировини колекційних зразків сафлору у фазі господарської стиглості**  
(дані за 2011-2013 рр.)

Назва зразку	Вегетативна маса					Насіння					Загальний вміст енергії, млн. кДж/га
	Врожайність сухої маси, т/га ± похибка	Склад сухої маси, %			Енергетичний врожай млн. кДж/га ± похибка	Врожайність сухої маси, т/га ± похибка	Склад сухої маси, %			Енергетичний врожай млн. кДж/га ± похибка	
		Олія, % ± похибка	Білок, % ± похибка	Вуглеводи, % ± похибка			Олія, % ± похибка	Білок, % ± похибка	Вуглеводи, % ± похибка		
Живчик	0,50±0,26	9,4±2,5	9,7±2,9	72,0±1,5	8,4±2,6	0,95±0,33	30,5±2,6	15,3±1,2	45,2±2,3	20,6±1,9	29,1
К-140	0,57±0,25	12,3±1,5	11,2±1,0	67,5±1,2	10,1±1,4	1,66±0,45	31,6±0,7	16,4±0,5	43,0±0,4	36,2±2,1	46,2
Червоний колючий	0,45±0,24	12,0±1,5	10,4±1,8	68,6±0,9	8,0±1,9	0,92±0,32	30,0±2,6	14,2±1,3	46,8±2,9	19,6±3,6	27,6
Салют	0,52±0,16	6,3±2,0	12,7±0,9	72,1±1,8	8,5±0,1	0,90±0,37	29,3±2,5	14,8±1,0	46,9±2,4	19,2±2,1	27,8
Легідний	0,65±0,20	9,1±2,5	9,2±2,3	72,8±1,0	11,1±1,3	2,16±0,35	28,6±2,3	14,6±0,4	47,8±2,3	45,9±4,7	57,0
Сонячний	0,69±0,21	9,8±2,2	11,0±2,4	70,2±0,8	11,8±1,9	1,66±0,57	29,8±2,1	15,9±0,8	45,4±1,9	35,6±2,9	47,5
Середнє по досліді	0,56	9,8	10,7	70,5	9,7	1,38	30,1	15,2	45,9	29,5	39,2