

УДК 582.683.2:631.526.2-3:581.192

О.М. ВЕРГУН, Д.Б. РАХМЕТОВ, О.В. ШИМАНСЬКА,
В.В. ФІЩЕНКО, Н.Г. ДРУЗЬ, С.О. РАХМЕТОВА

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України
Україна, 01014 м. Київ, вул. Тімірязєвська, 1

БІОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ *CAMELINA SATIVA* (L.) CRANTZ

Мета — вивчити вміст комплексу поживних речовин у рослин різних форм та сортів *Camelina sativa* (L.) Crantz у період цвітіння.

Матеріал та методи. Дослідження проведено із сортами та формами рослин *C. sativa* власної селекції. Використовували лабораторні методи дослідження рослин.

Результати. Накопичення сухої речовини становило від 18,13 % (с. Перемога) до 23,38 % (с. Колондайк), аскорбінової кислоти — від 207,23 мг% (с. Колондайк) до 410,23 мг% (с. Північна красуня), каротину — від 0,43 мг% (с. Євро-12) до 2,23 мг% (с. Перемога), золи — від 5,08 % (с. Колондайк) до 8,75 % (ф. ЕОРЖЯФ-1), кальцію — від 1,008 % (с. Євро-12) до 2,633 % (с. Колондайк), фосфору — від 0,086 % (с. Міраж) до 0,157 % (ф. ЕОРЖЯФ-1), загальний вміст цукрів — від 4,76 % (ф. ЕОРЖЯФЧП) до 8,12 % (с. Перемога). Енергетична цінність абсолютно сухої сировини досліджуваних рослин — від 3925,71 до 4097,00 ккал/кг залежно від сорту та форми. Досліджено вміст пігментів і визначено їх співвідношення. Величина співвідношення хлорофілів становила від 2,51 (с. Євро-12) до 2,82 (с. Північна красуня), суми хлорофілів та каротиноїдів — від 1,99 (с. Північна красуня) до 3,22 (с. Міраж). Визначення антиоксидантної активності ДФПГ-методом (реакція з 2,2-дифеніл-1-пікрлгідразіл радикалом) показало, що метанольні екстракти надземної частини рослин пригнічували активність радикалу на 25,67–55,88 %, а водні екстракти — на 47,18–84,60 % залежно від сорту та форми.

Висновки. Сировина *C. sativa* є потенційним джерелом вітамінів, макроелементів, золи та цукрів. За енергетичною цінністю ці рослини можуть конкурувати з іншими енергетичними культурами.

Ключові слова: *Camelina sativa* (L.) Crantz, біохімічний склад, фотосинтетичні пігменти, антирадикальна активність.

Поряд з традиційними олійними культурами, які можна використовувати для виробництва біодизельного палива, на особливу увагу заслуговують малопоширені нові або старі культури, які характеризуються високою екологічною пластичністю, продуктивністю, стійкістю до шкідників та хвороб. Однією з популярних культур сьогодні є *Camelina sativa* (L.) Crantz (рижій посівний), яка забезпечує високу урожайність надземної маси (13,92–25,20 т/га) [10, 13, 28, 29]. Рослини *C. sativa* — цінний матеріал для селекції з метою виділення продуктивніших форм за вмістом олій, що пов'язано з біосинтезом тріацилгліцерину [23, 40]. Цей вид є перспективним для вирощування в посушливих регіонах [30]. Вторинну сировину з насіння можна використовувати в харчовій промисло-

вості як джерело білка та природних антиоксидантів [37]. Рижій має важливе значення у виробництві продуктів дієтичного харчування, косметичній та фармацевтичній промисловості, що зумовлено наявністю комплексу біологічно активних сполук. У деяких країнах надземну масу рослин *C. sativa* використовують як цінний корм для вигодовування сільськогосподарських тварин [25, 35]. Одним з найважливіших напрямів використання рижію є енергетична галузь [15, 16, 22, 23, 26, 32, 34, 36]. Виділення високопродуктивних форм *C. sativa* — актуальне завдання, оскільки насіння досліджуваних рослин є джерелом олії, яка містить низку цінних жирних кислот [8, 13, 14, 19, 24, 31, 38, 39]. У разі змішування цієї олії з розмариною збільшується її антиоксидантна дія [14].

Мета дослідження — вивчити вміст комплексу поживних речовин у рослин різних форм

© О.М. ВЕРГУН, Д.Б. РАХМЕТОВ, О.В. ШИМАНСЬКА,
В.В. ФІЩЕНКО, Н.Г. ДРУЗЬ, С.О. РАХМЕТОВА, 2017

та сортів *Camelina sativa* в період цвітіння — фазу накопичення важливих речовин у біомасі.

Матеріал та методи

Дослідження проведено у відділі культурної флори Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України із сортами та формами *C. sativa* власної селекції (Перемога, Північна красуня, Євро-12, ф. ЕОРЖЯФ-1, ф. ЕОРЖЯФЧП). Контролем були сорти Міраж та Колондайк.

Сировину збирали в період цвітіння рослин. Абсолютно суху речовину визначали шляхом висушування зразків за температури 105 °С до постійної маси, загальний вміст цукрів — методом Бертрана, вміст аскорбінової кислоти — методом титрування 2,6-дихлорфеноліндофенолом [4], каротину — спектрофотометричним методом з бензином Калоша [7], золи — методом спалювання в муфельній печі «СНОЛ 7,2-1100» (Termolab) за температури 300—700 °С [2], вміст кальцію — трилонометричним методом, фосфору — об'ємним методом з молібденовою рідиною [9], фотосинтетичних пігментів — спектрофотометричним методом з використанням спектрофотометра 2800 UV/VIS (Unico). Екстракцію пігментів здійснювали в ацетоні. Оптичну щільність отриманого розчину визначали за довжини хвилі 662, 644 та 440 нм. Концентрацію пігментів обраховували за Хольмом—Веттштейном [6]. Теплоємність надземної

частини рослин визначали на калориметрі ІКА «С-200». Тестування антирадикальної активності зразків проводили ДФПГ-методом (реакція з 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразил радикалом) за довжини хвилі 515 нм [18].

Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою програми Excel 2010.

Результати та обговорення

Для визначення цінності інтродуценту здійснювали кількісну та якісну оцінку біомаси рослин. Важливими показниками у потенційно корисних рослин є вміст основних поживних речовин [12].

Колекція відділу культурної флори містить генофонд як ярих, так і озимих форм *C. sativa*, які досліджують для цілей інтродукції та селекції. Протягом останніх років проводять біологічні та біохімічні дослідження рослин [3, 13].

Насіння *C. sativa* характеризується високим вмістом ліпідів (36,04—43,89 %). Його теплоємність становить 5678—5965 ккал/кг. Олія ріжю має високу енергетичну цінність (9,80—12,35 Ккал/га), що забезпечує великий вихід енергії на одиницю площі. Продуктивність залежить від сорту, впливу біотичних та абіотичних чинників і досягає максимуму наприкінці періоду вегетації [13].

Дослідження біохімічних особливостей сортів виду *C. sativa* виявили, що рослини с. Колондайк в період цвітіння посідали перше місце за вмістом сухої речовини (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст сухої речовини, цукрів та вітамінів у надземній частині рослин *Camelina sativa* (L.) Crantz залежно від сорту та форми

Table 1. Content of dry matter, sugars and vitamins in above-ground part of the plants of *Camelina sativa* (L.) Crantz that depends on cultivar and variety

Сорт, форма	Суша речовина, %	Загальний вміст цукрів, %	Аскорбінова кислота, мг %	Каротин, мг %
Перемога	18,13 ± 0,07	8,12 ± 0,30	409,50 ± 21,54	2,23 ± 0,12
Північна красуня	19,21 ± 0,42	6,24 ± 0,28	410,23 ± 17,45	0,56 ± 0,01
Євро-12	19,42 ± 0,16	6,49 ± 0,28	356,12 ± 7,43	0,43 ± 0,01
Міраж	23,05 ± 0,81	6,38 ± 0,23	303,65 ± 10,85	0,96 ± 0,01
Колондайк	23,38 ± 0,09	7,43 ± 0,68	207,23 ± 12,77	1,99 ± 0,03
ЕОРЖЯФ-1	19,52 ± 0,67	6,45 ± 0,28	409,76 ± 12,81	0,91 ± 0,03
ЕОРЖЯФЧП	20,45 ± 0,12	4,76 ± 0,17	273,46 ± 14,57	0,75 ± 0,03

Рівень аскорбінової кислоти був найвищим у надземній масі рослин с. Північна красуня, а каротину та цукрів — у рослин с. Перемога.

Енергетична цінність надземної маси залежала від сорту та форми і становила 3882,16—4097,00 ккал/кг (табл. 2). Для рослин з високим рівнем теплоємності зазвичай характерний високий вміст золи. У сортів та форм *C. sativa* цей показник становив від 5,08 до 8,75 %, рівень кальцію — від 1,008 до 2,633 %, фосфору — від 0,086 до 0,157 %.

Максимальною калорійністю сировини характеризувалися рослини форми ЕОРЖЯФЧП. Найбільше золи та фосфору виявлено у рослин форми ЕОРЖЯФ-1, кальцію — у сорту Колондайк.

Одним з важливих напрямів дослідження біологічних особливостей рослин є виявлення їх реакції на чинники довкілля. Нами ви-

значена концентрація пігментів у серединних листках досліджуваних рослин (табл. 3).

Вміст хлорофілів у листках — характеристика фотосинтетичного апарату вищих рослин, яка свідчить про пристосованість їх до інтенсивності освітлення [5, 17, 41].

Максимальний рівень фотосинтетичних пігментів у листках спостерігається в період найвищої активності рослин.

Найбільше накопичення хлорофілу *a* та *b* відзначено у ф. ЕОРЖЯФЧП, найменше — у с. Євро-12. Величина співвідношення хлорофілів у сортів виду *C. sativa* у фазу плодоношення становила від 2,51 до 2,83, що свідчить про пристосувальну здатність рослин до різної інтенсивності освітлення [33].

Система жовтих пігментів, до яких належать каротиноїди, відображує рівень стійкості

Таблиця 2. Енергетична цінність, вміст золи та макроелементів у надземній частині рослин *Camelina sativa* (L.) Crantz залежно від сорту та форми

Table 2. Power plant value, content of ash and macroelements in above-ground part of the plants of *Camelina sativa* (L.) Crantz that depends on cultivar and variety

Сорт, форма	Калорійність, ккал/кг	Зола, %	Кальцій, %	Фосфор, %
Перемога	3925,71 ± 110,25	7,55 ± 0,10	1,721 ± 0,029	0,143 ± 0,002
Північна красуня	4090,21 ± 63,66	5,86 ± 0,02	1,791 ± 0,029	0,122 ± 0,005
Євро-12	3882,16 ± 100,01	7,68 ± 0,67	1,008 ± 0,018	0,106 ± 0,001
Міраж	3960,89 ± 196,00	5,44 ± 0,64	1,660 ± 0,030	0,086 ± 0,002
Колондайк	4072,25 ± 139,06	5,080 ± 0,007	2,633 ± 0,125	0,135 ± 0,004
ЕОРЖЯФ-1	3945,67 ± 206,03	8,75 ± 0,72	2,190 ± 0,010	0,157 ± 0,002
ЕОРЖЯФЧП	4097,00 ± 156,89	5,50 ± 0,81	2,023 ± 0,006	0,132 ± 0,002

Таблиця 3. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин *Camelina sativa* (L.) Crantz залежно від сорту та форми, мг/100 г сирої маси

Table 3. Content of photosynthetic pigments in leaves of plants of *Camelina sativa* (L.) Crantz that depends on cultivar and variety, mg/100 g of fresh mass

Сорт, форма	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Каротиноїди	<i>a/b</i>	(<i>a + b</i>)/каротиноїди
Перемога	1,058 ± 0,013	0,405 ± 0,031	0,617 ± 0,008	2,63 ± 0,24	2,37 ± 0,06
Північна красуня	1,034 ± 0,012	0,369 ± 0,028	0,705 ± 0,008	2,82 ± 0,25	1,99 ± 0,05
Євро-12	0,889 ± 0,011	0,355 ± 0,020	0,426 ± 0,006	2,51 ± 0,11	2,92 ± 0,12
Міраж	0,998 ± 0,012	0,395 ± 0,022	0,433 ± 0,007	2,53 ± 0,11	3,22 ± 0,02
Колондайк	1,008 ± 0,009	0,395 ± 0,027	0,527 ± 0,006	2,55 ± 0,27	2,39 ± 0,09
ЕОРЖЯФ-1	0,923 ± 0,013	0,366 ± 0,031	0,444 ± 0,007	2,54 ± 0,25	2,90 ± 0,01
ЕОРЖЯФЧП	1,140 ± 0,011	0,420 ± 0,021	0,599 ± 0,008	2,72 ± 0,11	2,61 ± 0,10

Таблиця 4. Загальна антиоксидантна активність надземної маси рослин *Camelina sativa* (L.) Crantz залежно від сорту та форми, %Table 4. The total antioxidant activity of above-ground mass of the *Camelina sativa* (L.) Crantz plants that depends on cultivar and variety, %

Сорт, форма	Метанольні витяжки	Водні витяжки
Перемога	43,78 ± 0,08	82,72 ± 0,35
Північна красуня	51,27 ± 0,18	84,60 ± 0,33
Євро-12	55,88 ± 0,30	83,05 ± 0,34
Міраж	46,42 ± 0,13	76,41 ± 0,42
Колондаїк	28,73 ± 0,17	75,26 ± 0,37
ЕОРЖЯФ-1	27,42 ± 0,11	83,01 ± 0,53
ЕОРЖЯФЧП	25,67 ± 0,24	47,18 ± 0,52

пластидного апарату до стресових чинників [11]. Каротиноїди виявляють антиоксидантні та імуномодельовальні властивості, виконують важливу фотопротекторну функцію в процесі фотосинтезу та накопичуються в рослинах в умовах стресу [20, 21, 27]. При дослідженні пігментного статусу важливим показником є не лише концентрація хлорофілів та каротиноїдів, а і їх співвідношення, що відображає віковий стан рослини та рівень стійкості в умовах існування. Рівень каротиноїдів становив від 0,426 до 0,705 мг% на сиру речовину. За цим показником перше місце посідали рослини с. Північна красуня. Величина співвідношення суми хлорофілів і каротиноїдів становила від 1,99 до 3,22 залежно від сорту та форми. Серед досліджуваних рослин найуразливішими до умов зростання є рослини с. Міраж, оскільки величина співвідношення хлорофілів і каротиноїдів у листках цих рослин була найвищою.

Ще одним важливим показником при оцінці сировини є її антиоксидантний статус. Одним з найпоширеніших методів визначення вмісту антиоксидантів є ДФПГ-тест, який характеризується відносною простотою виконання та є найчутливішим щодо вмісту фенольних сполук [1]. Визначено антирадикальну активність метанольних та водних екстрактів з надземної маси досліджуваних рослин (табл. 4). Вимірювання розчинів здійснювали через 10 хв після додавання екстракту рослин до розчину радикалу.

Установлено, що антирадикальна активність була вищою у водних екстрактів (від 47,18 до 84,60 %). Метанольні екстракти виявляли меншу антирадикальну активність, яка становила від 25,67 до 55,88 % залежно від сорту та форми. В цілому отримані результати свідчили про високий антиоксидантний потенціал досліджуваної сировини, що дає підставу рекомендувати використовувати її у фармакологічних дослідженнях та у виробництві харчової і кормової продукції.

Висновки

У результаті комплексних досліджень установлено, що у сировині сортів *C. sativa* у період цвітіння накопичувалося сухої речовини від 18,13 до 23,38 %, аскорбінової кислоти — від 207,23 до 410,23 мг%, каротину — від 0,43 до 2,23 мг%, золи — від 5,08 до 8,75 %, кальцію — від 1,01 до 2,63 %, фосфору — від 0,086 до 0,157 %. Загальний вміст цукрів становив від 4,76 до 8,12 %. Отримані дані свідчать, що сировина з надземної маси рослин *C. sativa* є потенційним джерелом вітамінів, макроелементів, золи та цукрів. За енергетичною цінністю надземної маси ці рослини можуть конкурувати з іншими енергетичними культурами (бобовими, злаковими), які використовують як кормові та у виробництві біопалива.

1. Волков В.А. Кинетический метод анализа антирадикальной активности экстрактов растений / В.А. Волков, Н.А. Дорофеева, П.М. Пахомов //

- Химико-фармацевтический журн. — 2009. — Т. 43, № 6. — С. 27—31.
2. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З.М. Грицаєнко, А.О. Грицаєнко, В.П. Карпенко. — К.: НІЧЛАВА, 2003. — 320 с.
 3. Каталог рослин відділу нових культур / Відп. ред. Д.Б. Рахметов. — К.: Фітосоціоцентр, 2015. — 112 с.
 4. Крищенко В.П. Методы оценки качества растительной продукции / В.П. Крищенко. — М.: Колос, 1983. — 192 с.
 5. Лукьянова Л.М. Эколого-физиологические аспекты изучения пигментной системы растений. II. Влияние эколого-географических условий и систематической принадлежности растений / Л.М. Лукьянова // Ботан. журн. — 1982. — Т. 67, № 4. — С. 409—418.
 6. Мусієнко М.М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 200 с.
 7. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений / Б.П. Плешков. — М.: Колос, 1985. — 256 с.
 8. Порівняльна оцінка жирнокислотного складу олій насіння форм та сортів тифону, рідьки олійної і рижю як перспективної сировини для отримання біодизелю / Р.Я. Блюм, Ю.М. Бойчук, А.І. Ємець [та ін.] // Фактори експериментальної еволюції організмів. — 2016. — № 18. — С. 61—66.
 9. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. — К.: Наук. думка, 1976. — 336 с.
 10. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні / Д.Б. Рахметов. — К.: Аграр Медіа Груп, 2011. — 398 с.
 11. Стржалка К. Каротиноиды растений и стрессовое воздействие окружающей среды: роль модулирующих физических свойств мембран каротиноидами / К. Стржалка, А. Костецка-Гугала, Д. Латовски // Физиология растений. — 2003. — Т. 50, № 2. — С. 188—193.
 12. Черевченко Т.М. Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології / Т.М. Черевченко, Д.Б. Рахметов, М.Б. Гапоненко. — К.: Фітосоціоцентр, 2012. — 432 с.
 13. *Camelina sativa* (L.) Crantz — цінна олійна культура / Д.Б. Рахметов, Я.Б. Блюм, А.І. Ємець, Ю.М. Бойчук [та ін.] // Інтродукція рослин. — 2014. — № 2. — С. 50—58.
 14. Abramovic H. Effect of added rosemary extract on oxidative stability of *Camelina sativa* oil / H. Abramovic, V. Abram // Acta Agriculturae Slovenica. — 2006. — Vol. 87, N 2. — P. 255—261.
 15. Agarwal A. *Camelina sativa*: a new crop with biofuel potential introduced in India / A. Agarwal, T. Pant, Z. Ahmed // Current Science. — 2010. — Vol. 99, N 9. — P. 1194—1195.
 16. Biodisel from *Camelina sativa*: a comprehensive characterization / C. Ciubota-Rosie, J.R. Ruiz, M.J. Ramos, A. Perez // Fuel. — 2013. — Vol. 105. — P. 572—577.
 17. Blackburn G.A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments / G.A. Blackburn // J. Experimental Bot. — 2007. — Vol. 58, N 4. — P. 855—867.
 18. Brand-Williams W. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity / W. Brand-Williams, M.E. Cuvelier, C. Berset // LWT — Food Science and Technology. — 1995. — Vol. 28, N 1. — P. 25—30.
 19. *Camelia* (*Camelina sativa* (L.) Crantz variety) oil and seeds as n-3 fatty acids rich products in broiler diets and its effects on performance, meat fatty acid composition, immune tissue weights and plasma metabolic profile / G. Ciurescu, M. Ropota, I. Toncea, M. Habeanu // Journal of Agricultural Science and Technology. — 2016. — Vol. 18. — P. 315—326.
 20. Carotenoid content of commonly consumed herbs and assessment of their bioaccessibility using an in vitro digestion model / T. Daly, M.A. Jiwan, N.M. O'Brien, S.A. Aherne // Plant Foods for Human Nutrition. — 2010. — Vol. 65. — P. 164—169.
 21. Cinar I. Carotenoid pigment loss of freeze-dried plant samples under different storage conditions / I. Cinar // Electronical Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. — 2003. — Vol. 2, N 5. — P. 563—569.
 22. Dobre P. *Camelina sativa* — an oilseed crop with unique agronomic characteristics / P. Dobre, S. Jurcone // Scientific Papers. — 2011. — Vol. 54. — P. 425—430.
 23. False flax (*Camelina sativa* L.) as an alternative source for biodiesel production / D. Karcauskiene, E. Sendzikiene, V. Makareviciene [et al.] // Zemdirbyste-Agriculture. — 2014. — Vol. 101, N 2. — P. 161—168.
 24. Fatty acid and stable carbon isotope characterization of *Camelina sativa* oil: implications for authentication / R. Hrastar, M.G. Petrisic, N. Ogribe, I.J. Kosir // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2009. — Vol. 57. — P. 579—585.
 25. Frame D.D. Use of *Camelina sativa* in the diets of young turkeys / D.D. Frame, M. Palmer, B. Peterson // Journal of Apply Poultry Resource. — 2007. — Vol. 16. — P. 381—386.
 26. Frohlich A. Evaluation of *Camelina sativa* oil as a feedstock for biodiesel production / A. Frohlich, B. Rice // Industrial Crops and Products. — 2005. — Vol. 21. — P. 25—31.
 27. Garrity S.R. Disentangling the relationships between plant pigments and the photochemical reflectance index reveals a new approach for remote estimation

- of carotenoid content / S.R. Garrity, J.U.H. Eitel, L.A. Vierling // Remote Sensing of Environment. — 2011. — Vol. 115. — P. 628—635.
28. *Gesch R.W.* Influence of genotype and sowing date on camelina growth and yield in the north central U.S. / R.W. Gesch // Industrial Crops and Products. — 2014. — Vol. 54. — P. 209—215.
 29. *Gesch R.W.* Sowing date and tillage effects on fall-seeded Camelina in the Northern Corn Belt / R.W. Gesch, S.C. Cermak // Agronomy Journal. — 2011. — Vol. 103. — N 4. — P. 980—987.
 30. *Hunsaker D.J.* Camelina water use and seed yield response to irrigation scheduling in an arid environment / D.J. Hunsaker, A.N. French, K.R. Thorp // Irrigation Science. — 2013. — Vol. 31. — P. 911—929. DOI 10.1007/s00271-012-0368-7
 31. *Katar D.* Determination of fatty acid composition on different false flax (*Camelina sativa* (L.) Crantz) genotypes under Ankara ecological conditions / D. Katar // Turkish Journal of Field Crops. — 2013. — Vol. 18(1). — P. 66—72.
 32. *Krohn B.J.* A life cycle assessment of biodiesel derived from the “niche filling” energy crop camelina in the USA / B.J. Krohn, M. Fripp // Applied Energy. — 2012. — Vol. 92. — P. 92—98.
 33. *Lichtenthaler H.K.* Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes / H.K. Lichtenthaler // Methods in Enzymology. — 1987. — Vol. 148. — P. 350—382.
 34. *Moser B.R.* Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel / B.R. Moser, S.F. Vaughn // Bioresource Technology. — 2010. — Vol. 101. — P. 646—653.
 35. *Russo R.* Seed protein in *Camelina sativa* (L.) Crantz var. Calena / R. Russo, R. Reggiani // International Journal of Plant and Soil Science. — 2015. — Vol. 8 (2). — P. 1—6.
 36. *Singh R.* *Camelina sativa*: success of a temperate biofuel crop as intercrop in tropical conditions of Mhow, Madhya Pradesh, India / R. Singh, M. Nasim, S. Tiwari // Current Science. — 2014. — Vol. 107, N 3. — P. 359—360.
 37. *Terpinc P.* Oljna pogaca navadnega ricka (*Camelina sativa* (L.) Crantz) — neizkorisceni vir fenolnih spojin / P. Terpinc, H. Abramovic // Acta Agriculturae Slovenica. — 2016. — Vol. 107 (1). — P. 243—250.
 38. *The seed's* and oil composition of Camelia — first Romanian cultivar of camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) / I. Toncea, D. Necseriu, T. Prisecaru [et al.] // Romanian Biotechnological Letters. — 2013. — Vol. 18, N 5. — P. 8594—8602.
 39. *Toward* production of jet fuel functionality in oilseeds: identification of FatB acyl-acyl carrier protein thioesters and evaluation of combinatorial expression strategies in *Camelina* seeds / H.J. Kim, J.E. Silva, H.S. Vu [et al.] // J. Experimental Bot. — 2015. — Vol. 66, N 14. — P. 4251—4265. DOI:10.1093/jxb/erv225
 40. *Transcriptome* profiling of *Camelina sativa* to identify genes involved in triacylglycerol biosynthesis and accumulation in the developing seeds / H. M. Abdullah, P. Akbari, B. Paulose [et al.] // Biotechnology for Biofuels. — 2016. — Vol. 9. — P. 136. DOI 10.1186/s13068-016-0555-5
 41. *Wettstein D.* Chlorophyll biosynthesis / D. Wettstein, S. Gough, C.G. Kannangara // The Plant Cell. — 1995. — Vol. 7. — P. 1039—1057.

Рекомендувала Н.І. Джуренко

Надійшла 20.12.2016

REFERENCES

1. *Volkov, V.A., Dorofeeva, N.A. and Pahomov, P.M.* (2009), Kineticheskiy metod analiza antiradikalnoy aktivnosti ekstraktov rasteniy [The kinetic method of analyse of antiradical activity of plant extracts], vol. 43, N 6, pp. 27—31.
2. *Hrycajenko, Z.M., Hrycajenko, V.P. and Karpenko, V.P.* (2003), Metody biologichnyh ta agrohimichnyh doslidzhen roslyn i gruntiv [Methods of biological and agrochemical investigations of plants and soils]. Kyiv: Nichlava, 320 p.
3. *Kataloh* roslyn viddilu novyh kultur [Catalogue of plants of new culture department] (2015), Kyiv: Fitosociocentr, 112 p.
4. *Krischenko, V.P.* (1983), Metody ocenki kachestva ras-titelnoy produkcii [Methods for evaluating of quality of plant production]. Moscow: Kolos, 192 p.
5. *Lukyanova, L.M.* (1982), Ekologo-fisiologicheskiye aspekty izucheniya pigmentnoy sistemy rasteniy. II. Vliyaniye ekologo-heohraficheskyyh uslovij I systematicheskoy prinadlejnosti rastenij [Ecological and physiological aspects of investigation of plant pigment system. II. Influence of ecological and geographical conditions and systematical identification of plants]. Botanicheskiy zhurnal [Botanical Journal], vol. 67, N 4, pp. 409—418.
6. *Musiyenko, M.M., Parshykova, T.V. and Slavnyj, G.S.* (2001), Spektrofotometrychni metody v prakticii fiziologii, biohimiji ta ekologiji roslyn [Spectrophotometric methods in practical physiology, biochemistry and ecology of plants]. Kyiv: Fitosociocentr, 200 p.
7. *Pleshkov, B.P.* (1985), Prakticum po biohimii rasteniy [Plant biochemistry workshop]. Moskva: Kolos, 256 p.
8. *Blyum, R.Ya., Boychuk, Yu.M., Yemetc, A.I. and Rakhmetova, S.O.* (2016), Porivnyalna ocinka zhymnokyslotnogo skladu olij nasinnya form ta sortiv tyfonu, redky olijnoyi I ryzhiyu yak perspektyvnoyi syrovynny

- dlya otrymannya biodyselyu [Comparative analysis of fatty acid composition for oils from seeds of tyfon, oil radish and Camelina breeding forms and varieties as perspective source for biodiesel production]. Factory experimentalnoji evoljuciji orhanizmviv [Factors of experimental evolution of organism], N 18, pp. 61–66.
9. Pochynok, H.N. (1976), Metody biohimicheskogo analiza rasteniy [Methods of biochemical analyse of plants]. Kyjiv: Naukova dumka, 336 p.
 10. Rakhmetov, D.B. (2011), Teoretychni ta prykladni aspekty introduktsiyi Roslyn v Ukraini [Theoretical and applied aspects of plant introduction in Ukraine]. Kyiv: Ahrar Media Grup, 398 p.
 11. Strzhalka, K., Kostecka-Gugala, A. and Latovski, D. (2003), Karotinoidy rasteniy i stressovoye vozdeystvie okruzhayushhey sredy: rol modulyacii fizicheskikh svoystv membrany karotinoidami [Carotenoids of plants and stress action of environment: role of modulation of physical particularities of membranes by carotenoids]. Fisiologiya rasteniy [Physiology of plants], vol. 50, N 2, pp. 188–193.
 12. Cherevchenko T.M., Rakhmetov D.B. and Haponenko M.B. (2012), Zberezheniya ta zbahachennya roslynnykh resursiv shlyahom introduktsiyi, selekcii ta biotekhnologii [Preservation and enrichment plant resources by introduction, breeding and biotechnology]. Kyiv: Fitosociocentr, 432 p.
 13. Rakhmetov, D.B., Blyum, Ya.B., Yemec, A.I., Boychuk Yu.M., Andrushhenko, O.L., Vergun, O.M. and Rakhmetova, S.O. (2014), Camelina sativa (L.) Crantz — cinnolijna kultura [Camelina sativa (L.) Crantz — valuable oil plant]. Introdukciya Roslyn [Plant Introduction], N 2, pp. 50–58.
 14. Abramovic, H. and Abram, V. (2006), Effect of added rosemary extract on oxidative stability of Camelina sativa oil. Acta Agriculturae Slovenica, vol. 87, N 2, pp. 255–261.
 15. Agarwal, A., Pant, T. and Ahmed, Z. (2010), Camelina sativa: a new crop with biofuel potential introduced in India. Current Science, vol. 99, N 9, pp. 1194–1195.
 16. Ciubota-Rosie, C., Ruiz, J.R., Ramos, M.J. and Perez, A. (2013), Biodiesel from Camelina sativa: a comprehensive characterization. Fuel, vol. 105, pp. 572–577.
 17. Blackburn, G.A. (2007), Hyperspectral remote sensing of plant pigments. Journal of Experimental Botany, vol. 58, N 4, pp. 855–867.
 18. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995), Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT — Food Science and Technology, vol. 28, N 1, pp. 25–30.
 19. Ciurescu, G., Ropota, M., Toncea, I. and Habeanu, M. (2016), Camelia (Camelina sativa (L.) Crantz variety) oil and seeds as n-3 fatty acids rich products in broiler diets and its effects on performance, meat fatty acid composition, immune tissue weights and plasma metabolic profile. Journal of Agricultural Science and Technology, vol. 18, pp. 315–326.
 20. Daly, T., Jiwan, M.A., O'Brien, N.M. and Aherne, S.A. (2010), Carotenoid content of commonly consumed herbs and assessment of their bioaccessibility using an in vitro digestion model. Plant Foods for Human Nutrition, vol. 65, pp. 164–169.
 21. Cinar, I. (2003), Carotenoid pigment loss of freeze-dried plant samples under different storage conditions. Electronical Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, vol. 2, N 5, pp. 563–569.
 22. Dobre, P. and Jurcone, S. (2011), Camelina sativa — an oilseed crop with unique agronomic characteristics. Scientific Papers, vol. 54, pp. 425–430.
 23. Karcauskiene, D., Sendzikiene, E., Makareviciene, V., Zaleckas, E., Repsiene, R. and Ambrazaitiene, D. (2014), False flax (Camelina sativa L.) as an alternative source for biodiesel production. Zemdirbyste-Agriculture, vol. 101, N 2, pp. 161–168.
 24. Hrastar, R., Petrisic, M.G., Ogribc, N. and Kosir, I.J. (2009), Fatty acid and stable carbon isotope characterization of Camelina sativa oil: implications for authentication. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 57, pp. 579–585.
 25. Frame, D.D., Palmer, M. and Peterson, B. (2007), Use of Camelina sativa in the diets of young turkeys. Journal of Apply Poultry Resource, vol. 16, pp. 381–386.
 26. Frohlich, A. and Rice, B. (2005), Evaluation of Camelina sativa oil as a feedstock for biodiesel production. Industrial Crops and Products, vol. 21, pp. 25–31.
 27. Garrity, S.R., Eitel, J.U.H. and Vierling, L.A. (2011), Disentangling the relationships between plant pigments and the photochemical reflectance index reveals a new approach for remote estimation of carotenoid content. Remote Sensing of Environment, vol. 115, pp. 628–635.
 28. Gesch, R.W. (2009), Influence of genotype and sowing date on Camelina growth and yielding the north central U.S. Industrial Crops and Products, vol. 54, pp. 209–215.
 29. Gesch, R.W. and Cermak, S.C. (2011), Sowing date and tillage effects on fall-seeded Camelina in the Northern Corn Belt. Agronomy Journal, vol. 103, N 4, pp. 980–987.
 30. Hunsaker, D.J., French, A.N. and Thorp, K.R. (2013), Camelina water use and seed yield response to irrigation scheduling in an arid environment. Irrigation Science, vol. 31, pp. 911–929. DOI: 10.1007/s00271-012-0368-7
 31. Katar, D. (2013), Determination of fatty acid composition on different false flax (Camelina sativa (L.) Crantz) genotypes under Ankara ecological conditions. Turkish Journal of Field Crops, vol. 18, N 1, pp. 66–72.

32. Krohn, B.J. and Fripp, M. (2012), A life cycle assessment of biodiesel derived from the “niche filling” energy crop camelina in the USA. *Applied Energy*, vol. 92, pp. 92–98.
33. Lichtenthaler, H.K. (1987), Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, vol. 148, pp. 350–382.
34. Moser, B.R. and Vaughn, S.F. (2010), Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel. *Bioresource Technology*, vol. 101, pp. 646–653.
35. Russo, R. and Reggiani, R. (2015), Seed protein in *Camelina sativa* (L.) Crantz var. Calena. *International Journal of Plant and Soil Science*, vol. 8, N 2, pp. 1–6.
36. Singh, R., Nasim, M. and Tiwari, S. (2014), *Camelina sativa*: success of a temperate biofuel crop as intercrop in tropical conditions of Mhow, Madhya Pradesh, India. *Current Science*, vol. 107, N 3, pp. 359–360.
37. Terpin, P. and Abramovic, H. (2016), Oljna pogaca navadnega ricka (*Camelina sativa* (L.) Crantz) — neizkorisceni vir fenolnihsp ojin. *Acta agriculturae Slovenica*, vol. 107, N 1, pp. 243–250.
38. Toncea, I., Necseriu, D., Prisecaru, T., Balint, L.-N., Ghilvac, M.I. and Popa, M. (2013), The seed's and oil composition of *Camelia* — first Romanian cultivar of camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz). *Romanian Biotechnological Letters*, vol. 18, N 5, pp. 8594–8602.
39. Kim, H., Silva, J.E., Vu, H.S., Mockaitis, K., Nam, J.-W. and Cahoon, E.B. (2015), Toward production of jet fuel functionality in oilseeds: identification of FatB acyl carrier protein thioesters and evaluation of combinatorial expression strategies in *Camelina* seeds. *Journal of Experimental Botany*, vol. 66, N 14, pp. 4251–4265. DOI:10.1093/jxb/erv225
40. Abdullah, H.M., Akbari, P., Abdullah, H.M., Paulose, B., Shnell, D. et al. (2016), Transcriptome profiling of *Camelina sativa* to identify genes involved in triacylglycerol biosynthesis and accumulation in the developing seeds. *Biotechnology for Biofuels*, vol. 9, pp. 2–19. DOI:10.1186/s13068-016-0555-5
41. Wettstein, D., Gough, S. and Kannangara, C.G. (1995), Chlorophyll biosynthesis. *The Plant Cell*, vol. 7, pp. 1039–1057.

Recommended by N.I. Dzhurenko

Received 20.12.2016

Е.Н. Вергун, Д.Б. Рахметов, О.В. Шиманская,
В.В. Фищенко, Н.Г. Друзь, С.А. Рахметова

Национальный ботанический сад
имени Н.Н. Гришко НАН Украины,
Украина, г. Киев

БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ *CAMELINA SATIVA* (L.) CRANTZ

Цель работы — изучить содержание комплекса питательных веществ у растений разных форм и сортов *Camelina sativa* (L.) Crantz в период цветения.

Материал и методы. Исследование проведено с сортами и формами *C. sativa* собственной селекции. Использовали лабораторные методы исследования растений.

Результаты. Накопление сухого вещества составляло от 18,13 % (с. Пэрэмога) до 23,38 % (с. Колондайк), аскорбиновой кислоты — от 207,23 мг% (с. Колондайк) до 410,23 мг% (с. Пивнична красуня), каротина — от 0,43 мг% (с. Евро-12) до 2,23 мг% (с. Пэрэмога), золы — от 5,08 % (с. Колондайк) до 8,75 % (ф. ЕОРЖЯФ-1), кальция — от 1,008 % (с. Евро-12) до 2,633 % (с. Колондайк), фосфора — от 0,086 % (с. Мираж) до 0,157 % (ф. ЕОРЖЯФ-1), общее содержание сахаров — от 4,76 % (ф. ЕОРЖЯФЧП) до 8,12 % (с. Пэрэмога). Энергетическая ценность абсолютно сухого вещества исследуемых растений — от 3925,71 до 4097,00 ккал/кг в зависимости от формы и сорта. Исследовано содержание пигментов и определено их соотношение. Величина соотношения хлорофиллов составляла от 2,51 (с. Евро-12) до 2,82 (с. Пивнична красуня), суммы хлорофиллов и каротиноидов — от 1,99 (с. Пивнична красуня) до 3,22 (с. Мираж). Изучение антиоксидантной активности ДФПГ-методом (реакция с 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил радикалом) показало, что метанольные экстракты надземной части растений угнетали активность радикала на 25,67–55,88 %, а водные экстракты — на 47,18–84,60 % в зависимости от формы и сорта.

Выводы. Сырье из *C. sativa* является потенциальным источником витаминов, макроэлементов, золы и сахаров. По энергетической ценности эти растения могут конкурировать с другими энергетическими культурами.

Ключевые слова: *Camelina sativa* (L.) Crantz, биохимический состав, фотосинтетические пигменты, антирадикальная активность.

O.M. Vergun, D.B. Rakhmetov, O.V. Shymanska,
V.V. Fishchenko, N.G. Druz, S.O. Rakhmetova

M.M. Gryshko National Botanical Garden,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

BIOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF PLANT RAW MATERIAL OF *CAMELINA SATIVA* (L.) CRANTZ

Objective — to study the content of nutrients in the plants of different varieties and cultivars of *Camelina sativa* (L.) Crantz in the flowering stage.

Material and methods. Investigations were carried out with cultivars and varieties of *C. sativa* own selection. We used to research the laboratory methods.

Results. It was marked the accumulation of dry matter from 18.13 % (cv. Peremoha) to 23.38 % (cv. Kolondaik), ascorbic acid — from 207.23 mg% (cv. Kolondaik) to 410.23 mg% (cv. Pivnichna krasunya), carotene — from 0.43 mg% (cv. Yevro-12) to 2.23 mg% (cv. Peremoha), ash — from 5.08 % (cv. Kolondaik) to 8.75 % (f. EORZHIAF-1), calcium — from 1.008 % (cv. Yevro-12) to

2.633 % (cv. Kolondaik), phosphorus — from 0.086 % (cv. Mirazh) to 0.157 % (f. EORZHIAF-1), the total content of sugars — from 4.76 % (f. EORZHIAFCH) to 8.12 % (cv. Peremoha). Power plant value of investigated plants was from 3925.71 to 4097.00 kkal/kg that depends on cultivar and variety. The content of pigments and their ration are determined. The ration of chlorophylls was from 2.51 (cv. Yevro-12) to 2.82 (cv. Pivnichna krasunya), chlorophylls to carotenoids — from 1.99 (cv. Pivnichna krasunya) to 3.22 (cv. Mirazh). Research of antioxidant activity by DPPH-method (reaction with 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) shown that the methanol extracts from above-ground part of plants inhibited the activity of radical on 25.67–55.88 % and water extracts — on 47.18–84.60 % that depends from cultivar or variety.

Conclusions. The raw plant material of *C. sativa* is potent source of the vitamins, macroelements, ash and total content of sugars. These plants can compete with the other energetic cultures by energetic value.

Key words: *Camelina sativa* (L.) Crantz, biochemical composition, photosynthetic pigments, antiradical activity.