

Д.Б. РАХМЕТОВ¹, Я.Б. БЛЮМ², А.І. ЄМЕЦЬ², Ю.М. БОЙЧУК²,
О.Л. АНДРУЩЕНКО¹, О.М. ВЕРГУН¹, С.О. РАХМЕТОВА¹

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

² ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України
Україна, 04123 м. Київ, вул. Осиповського, 2а

CAMELINA SATIVA (L.) CRANTZ — ЦІННА ОЛІЙНА РОСЛИНА

Мета роботи — встановити продуктивний, енергетичний та інтродукційний потенціал форм і сортів *Camelina sativa* (L.) Crantz як перспективної сировинної рослини для виробництва біопалива.

Матеріал та методи. Досліджено форми та сорти *Camelina sativa*, створені у НБС ім. М.М. Гришка НАН України спільно з ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України. Вміст ліпідів у насінні визначали методом знежиреного залишку за допомогою апарата Сокслета. Ліпіди одержували із подрібненого насіння екстракцією петролейним ефіром. Тригліцеридний склад олії визначали методом неводної обернено-фазової рідинної хроматографії. Визначення енергетичної цінності зразків здійснювали на калориметрі «ИСО-200».

Результати. Доведено, що для створення насінних посівів з високою продуктивністю рослин *Camelina sativa* кращим періодом сівби є III декада квітня — III декада травня. Рослини *Camelina sativa* забезпечують високу урожайність надземної маси (13,92–25,20 т/га). Найбільшу загальну та надземну масу, а також масу насіння і коріння формують сорти Перемога та Євро-12. Для рослин *Camelina sativa* характерна висока насінна продуктивність (3237–4111 кг/га). Насіння різних форм та сортів вирізняється високою енергетичною цінністю (5678–5965 ккал/кг) та великим виходом енергії з одиниці площі (18,72–23,95 Гкал/га). Характерною особливістю рослин є високий вміст ліпідів (36,04–43,89 %) у насінні та великий їх вихід з урожаєм (1058–1330 кг/га). Установлено, що олія *Camelina sativa* має високу теплоємність, що забезпечує великий вихід енергії з одиниці площі (9,80–12,35 Гкал/га). Як за виходом ліпідів з насіння, так і за виходом енергії з олії переважали сорти Перемога, Євро-12 та форма ЕОРЖЯФ-4. Для всіх форм та сортів рослин *Camelina sativa* характерним є високий вміст ліноленової, лінолевої, олеїнової, гондоїнової (11-ейкозенової), пальмітинової та ерукової кислот. Найбільший вміст поліненасиченої ліноленової кислоти мають форма ЕОРЖЯФД (38,271 %) та сорт Євро-12 (35,564 %). Сорт Колондаєк та форми ЕОРЖЯФ-4, ЕОРЖЯФД, ЕОРЖЯФЧ відрізнялися вищим вмістом лінолевої кислоти, форма ЕОРЖЯФ-2 та сорти Міраж і Перемога — вищим вмістом олеїнової кислоти.

Висновки. Для використання олії *Camelina sativa* для технічних та енергетичних цілей цінними є форми ЕОРЖЯФЧП, ЕОРЖЯФ-5 та сорт Євро-12, які характеризуються високим вмістом ерукової кислоти. За жирнокислотним складом олія *Camelina sativa* — цінна сировина для енергетичних, технічних, харчових та лікарських цілей.

Ключові слова: *Camelina sativa* (L.) Crantz, форми та сорти, жирнокислотний склад олії, енергетична цінність.

Зростаючий дефіцит традиційних видів палива, погіршення екологічної ситуації зумовлюють актуальність пошуку альтернативних шляхів вирішення проблеми енергетичного забезпечення та екологічного захисту виробництва. Одним з рішень цієї проблеми є виробництво та використання відновлюваних видів біологічного палива, основним з яких є дизельне біопаливо, що може забезпе-

чити паливом аграрний сектор, а в майбутньому — інші галузі економіки. На сьогодні запропоновано різні джерела і технології отримання екологічно чистого біодизельного палива на основі рослинної сировини. Доведено перспективи виробництва та споживання біодизельного палива (Рахметов, 2007; Козленко, 2010).

Серед стратегічно важливих напрямів виробництва біопалива в Україні важливе місце відведено біодизелю. Джерелом його отримання є високоолійні продуценти, насамперед вищі рослини. Однією з родин, представ-

ники яких забезпечують значну частину потреби людства в рослинній олії, є *Brassicaceae*.

Важливим завданням є забезпечення нашої країни власними енергетичними ресурсами, насамперед за рахунок відновлюваних джерел. Для виробництва біопалива в Україні використовують такі олійні культури, як *Brassica napus f. annua* DC., *B. napus f. biennis* DC. і *Helianthus annuus* L. (Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив, 2014). Велике видове і сортове різноманіття олійних рослин у нашій країні дає змогу використовувати найперспективніші з них в агроценозах з метою запобігання порушенню сівозмін і повторному вирощуванню однієї культури на тій самій площі. 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. Такими культурами, окрім *Brassica napus*, є *B. campestris f. biennis* DC. × *B. rapa* L., *B. campestris f. annua* DC., *B. campestris f. biennis* DC., *Camelina sativa*, *Sinapis alba* L., *Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers., *Linum humile* Mill. L. та *Carthamus tinctorius* L. (Рахметов, 2011).

Нині стрімко набуває популярності як у світі, так і в Україні, несправедливо забута культура — *Camelina sativa* (L.) Crantz (рижій посівний). За часів Київської Русі рижієва олія користувалася великим попитом. На початку ХХ ст. *Camelina sativa* вирощували в Полтавській, Чернігівській, Київській, Херсонській, Катеринославській та Курській губерніях. Рижієву олію експортували в країни Європи. В середині минулого століття посіви та переробку насіння рижію в Україні та Росії почали скорочувати. Його витіснив соняшник. Проте останнім часом з розвитком нових напрямів використання популярність насіння рижію і продуктів його переробки стрімко зростає, особливо у країнах Західної Європи та Америки. Насіння рижію містить до 50 % олії та до 30 % сирого протеїну. Олію рижію

широко використовують у багатьох галузях народного господарства, а завдяки унікальному співвідношенню жирних кислот вона є перспективною для використання в енергетичній галузі, харчовій промисловості та медицині. Макуха рижію багата на азотисті речовини та олії, що дає підставу віднести її до високопоживних кормів (Abramovic, 2005; Cherian, 2012).

Однією з головних причин інтересу до *Camelina sativa* є склад рижієвої олії, а саме вміст незамінних жирних кислот, переважно ненасичених (частка насичених — 12 %). Близько 54 % жирних кислот — поліненасичені (лінолева (18:02) і ліноленова (18:03)), 34 % — мононенасичені, переважно олеїнова (18:01) і ейкозенова (20:1) (Putnam, 1993), які є природними антиоксидантами (Ciarescus, 2007; Cais-Sokolinska, 2011; Deng, 2001; Streinke, 2000; Zubr, 2002) та виявляють регенераційні властивості (Imbrea, 2011). Використання олії поліпшує загальний стан здоров'я людини і тварин, сприяє зменшенню вмісту холестерину (Sirovalova, 2011). Цінною промисловою сировиною є ерукова кислота.

На сьогоднішній день рижій використовують у різних галузях народного господарства. Сорти з високим вмістом ерукової кислоти в олії є одними з поширених культур, які застосовують для виробництва біопалива (Imbrea, 2011; Moser, 2010) та які є альтернативним органічним продуктом (Henriksen, 2009). Одним з видів біопалива з *Camelina sativa*, які використовують нині у Північній Америці та Європі, є біодизель (Russo, 2012).

Camelina sativa як найскоростигліша культура вирізняється коротким вегетаційним періодом, високою адаптаційною здатністю до абіотичних стрес-факторів, імунністю до хвороб, стійкістю до шкідників.

Рід *Camelina* включає 15 видів, з яких найбільш широко культивують рижій — найменш вибагливий до умов вирощування порівняно з іншими олійними культурами. Він характеризується високою холодостійкістю (насіння проростає за температури 1 °С, а сходи витримують приморозки –12 °С) і посухостійкістю.

Добре росте на всіх видах ґрунтів, окрім глинистих. Однією з основних біологічних особливостей *Camelina sativa* є короткий вегетаційний період, який у більшості регіонів вирощування становить 70–85 діб, завдяки цьому його з успіхом можна культивувати в усіх регіонах України. Короткий вегетаційний період *Camelina sativa* дає змогу після його збирання вирощувати інші культури, а використання рижю для зайнятого пару сприяє підготовці ґрунту та накопиченню вологи до сівби озимих. На відміну від інших культур родини *Brassicaceae*, рижій практично не пошкоджуються шкідниками та не уражується хворобами, що в умовах постійного зростання цін на енергоносії та пестициди дає змогу значно знизити витрати на його вирощування. Потенційна врожайність насіння перевищує 3,0 т/га.

Для України актуальним є збільшення посівів нових високопродуктивних сортів *Camelina sativa* для комплексного використання як енергетичної (основна продукція), кормової (побічна продукція), сидеральної культури. На сьогодні створено генофонд *Camelina sativa*, який нараховує близько 20 таксонів.

Мета дослідження — встановити продуктивний, енергетичний та інтродукційний потенціал різних форм *Camelina sativa* та оцінити насіння як сировину для виробництва біодизеля.

Матеріал та методи

Предмет дослідження — форми та сорти *Camelina sativa*, створені у відділі нових культур Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України разом з ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України.

Вміст ліпідів у насінні визначали методом знежиреного залишку за допомогою апарата Сокслета. Ліпіди одержували з подрібненого насіння екстракцією петролейним ефіром. Тригліцеридний склад олії визначали методом неводної обернено-фазової рідинної хроматографії. Аналіз проводили за допомогою рідинно-хроматографічної системи Agilent 1100, оснащеної 4-канальним насосом, автосампле-

ром, термостатом колонок та UV-VIS детектором з діодною матрицею. Застосовували ізократичний елюент складу IPA:ACN (1:1). Ліпідні компоненти розділяли на колонці ZORBAX Eclipse XDB-C₁₈, 4.6×150 мм, 5 мм за температури 20 °С. Детектування здійснювали за довжини хвилі 206 нм. Обробку та візуалізацію хроматограм проводили за допомогою Agilent Chemstation та Corel Draw X3. Визначення енергетичної цінності зразків здійснювали на калориметрі «ИСО-200».

Результати

Досліджували рослини *Camelina sativa* за різного строку сівби — від ранньої весни до пізньої осені. Насіння проростає при достатньо низьких позитивних температурах, тому сівбу можна проводити у ранні строки (III декада березня — I декада квітня). З огляду на те, що рослина має дуже короткий період вегетації, останню сівбу можна проводити в кінці серпня, при цьому рослини здатні розвиватися до фази цвітіння і початку плодоношення, формують повноцінну надземну масу, але фаза досягання насіння не настає. Насіння *Camelina sativa* здатне проростати навіть при пізньоосінніх строках сівби — до III декади жовтня. За наявності інших умов рослини можуть розвиватися до ювенільного періоду, але після настання сильних морозів вони гинуть. Таким чином, для створення насінних посівів з високою продуктивністю *Camelina sativa* можна сіяти тривалий період — від II декади квітня до кінця червня, найкращі результати отримано при сівбі в період з III декади квітня до III декади травня. Тривалість вегетаційного періоду *Camelina sativa* до досягання насіння залежно від форми становить від 65 до 90 діб.

Основні морфометричні показники рослин *Camelina sativa* залежать від формового різноманіття, умов вегетації, фази розвитку, строків та способів сівби, площі живлення, удобрення, елементів догляду за посівами тощо. Максимуму ці показники досягають наприкінці вегетації. У період досягання насіння висота рослин залежно від формових особливостей становить від 65 до 97 см. Кількість

бічних пагонів на рослині — 7–12, кількість стручків на основному стеблі — 26–50, на бічних пагонах — 18–30. За основними морфометричними параметрами встановлено суттєву перевагу сортів Перемога та Євро-12.

Продуктивність рослин *Camelina sativa* залежить від великої кількості факторів — формових (сортових) особливостей, впливу біотичних та абіотичних чинників. Із розвитком рослин суттєво збільшуються показники продуктивності, які наприкінці вегетації досягають максимуму. Врожайність надземної маси становить від 13,92 до 25,20 т/га. Серед форм найбільшу загальну та надземну масу, а також масу насіння і коріння формують сорти Перемога та Євро-12. У структурі врожаю на частку надземної маси припадає від 59,3 до 76,1 %, на частку насіння — від 17,1 до 29,6 %, на частку коріння — від 3,9 до 20,0 %.

Для рослин *Camelina sativa* характерна висока насінна продуктивність — від 3237 до 4111 кг/га. Основна маса насіння формується на бічних пагонах, її частка в структурі урожаю становить від 64,5 до 81,1%. За насінною продуктивністю виділялися сорти Перемога, Євро-12 та форма ЕОРЖЯФ-4. Насіння рослин *Camelina sativa* має високу енергетичну цінність. Залежно від формових особливостей теплоємність насіння становить від 5678 до 5965 ккал/кг, це забезпечує великий вихід енергії з насіння — від 18,72 до 23,95 Гкал/га. Сорти та форми з високою урожайністю насіння характеризуються великим виходом енергії з одиниці площі.

Насіння рижію вирізняється високим вмістом ліпідів (36,04–43,89 %) та великим виходом з урожаю (1058–1330 кг/га) (табл. 1).

Олія *Camelina sativa* має високу теплоємність, що забезпечує великий вихід енергії на одиницю площі (9,80–12,35 Гкал/га). Як за вмістом ліпідів у насінні, так і за виходом енергії з олії переважали сорти Перемога, Євро-12 та форма ЕОРЖЯФ-4.

Визначальне значення для напряму використання олії має її жирнокислотний склад. Ми дослідили жирнокислотний склад олії з насіння різних форм *Camelina sativa* (табл. 2).

Для всіх форм та сортів характерним є високий вміст ліноленової, лінолевої, олеїнової, гондоїнової (11-ейкозенової) та пальмітинової кислот, а також властивої всім представникам родини *Brassicaceae* ерукової кислоти.

Найбільший вміст поліненасиченої ліноленової кислоти зафіксовано у форми ЕОРЖЯФД (38,271 %) та сорту Євро-12 (35,564 %).

Сорт Колондайк та форми ЕОРЖЯФ-4, ЕОРЖЯФД, ЕОРЖЯФЧ відрізнялися вищим вмістом лінолевої кислоти порівняно з іншими сортами і формами.

З досліджених форм, придатних для використання олії для харчових цілей, заслуговує на увагу форма ЕОРЖЯФ-2 з високим вмістом олеїнової кислоти (18,467 %) та сорти Міраж (17,482 %) і Перемога (17,319 %).

Для використання олії *Camelina sativa* для технічних цілей перспективними є форми ЕОРЖЯФЧП, ЕОРЖЯФ-5 та сорт Євро-12 з високим вмістом ерукової кислоти, яка є цінною сировиною для виробництва біодизельного палива (Scarath & Tang G., 2006).

Серед насичених кислот за вмістом у складі олії *Camelina sativa* переважає пальмітинова кислота. Найбільше її містить насіння сорту Колондайк.

Таблиця 1. Вміст ліпідів у насінні *Camelina sativa* та його енергетична цінність залежно від форми та сорту
Table 1. Total yield of lipids from *Camelina sativa* seeds and its energy values from various plant forms

Форма, сорт	Вміст ліпідів у насінні, %	Вихід ліпідів з насіння, кг/га	Вихід енергії з олії, Гкал/га
ЕОРЖЯФ-1	38,24	1058	9,80
ЕОРЖЯФ-2	43,89	1203	11,11
ЕОРЖЯФ-3	42,64	1093	10,14
ЕОРЖЯФ-4	39,49	1289	11,86
ЕОРЖЯФ-5	38,13	1229	11,38
ЕОРЖЯФД	42,62	1092	10,14
ЕОРЖЯФЧ	36,56	1097	10,11
Міраж	42,66	1060	9,82
Колондайк	36,04	1105	10,17
Перемога	42,55	1282	11,96
Євро-12	39,35	1330	12,35

Таблиця 2. Жирнокислотний склад олії з насіння *Camelina sativa* залежно від формових та сортових особливостей рослин
Table 2. Fatty acid composition of oil from *Camelina sativa* seeds based on specifics of various forms and cultivars

Кислота	СН:ДВ	ЕОРЖЯФ-1	ЕОРЖЯФ-2	ЕОРЖЯФ-3	ЕОРЖЯФ-4	ЕОРЖЯФ-5	ЕОРЖЯФД	ЕОРЖЯФЧ	ЕОРЖЯФЧП	Міраж	Колон- дайк	Перемога	Евро-12
Міристинова	14:0	0,166	0,136	0,154	0,160	0,137	0,202	0,151	0,147	0,138	0,169	0,136	0,174
Пентадеканова	15:0	—	0,048	0,058	0,069	0,055	0,111	0,067	0,053	—	0,086	0,053	0,070
Пальмітинова	16:0	9,409	9,534	10,483	11,083	9,833	9,919	10,774	9,105	9,593	11,426	9,780	9,660
Пальмітолеїнова	16:1	0,193	0,182	0,188	0,185	0,158	0,075	0,183	0,161	0,177	0,186	0,149	0,185
Маргарінова (гептадеканова)	17:0	—	0,065	0,061	0,061	0,053	0,109	0,061	0,054	—	0,057	0,061	0,063
Стеаринова	18:0	2,524	1,649	3,062	2,893	2,401	2,090	2,780	1,923	2,594	1,728	1,854	2,685
Олеїнова	18:1	16,717	18,467	13,803	13,188	11,995	14,143	13,218	15,276	17,482	13,515	17,319	13,046
Лінолева	18:2	20,094	20,028	20,577	21,860	20,963	20,445	21,619	21,981	20,460	24,646	21,186	19,762
Ліноленова	18:3	34,066	32,496	32,447	31,353	34,967	38,271	33,110	32,858	32,732	31,609	32,271	35,564
Арахінова	20:0	1,219	0,436	1,043	0,895	1,019	0,842	0,871	1,030	0,980	0,951	0,708	1,139
Гондїїнова (11-ейкозенова)	20:1ω9	10,777	12,497	12,837	12,909	12,456	9,531	11,738	11,420	9,951	10,769	12,050	11,645
11, 14-ейкоза- дієнова	20:2	1,586	1,359	1,613	1,818	1,813	1,289	1,711	1,548	1,509	1,543	1,523	1,771
11, 14, 17-ейко- затрієнова	20:3	0,873	0,853	1,039	0,905	1,189	0,947	1,055	0,869	0,461	0,794	0,935	1,253
Бегенова	22:0	0,230	0,151	0,289	0,287	0,331	0,252	0,331	0,524	0,188	0,221	0,180	0,490
Ерукова	22:1	1,466	1,554	1,737	1,845	2,015	1,277	1,772	2,368	1,716	1,702	1,379	1,861
13, 16, 19-докозо- трієнова	22:3	—	0,256	0,234	0,208	0,330	0,261	0,247	0,319	—	0,246	0,165	0,350
Лігноцерінова	24:0	0,068	0,099	0,129	0,061	0,062	0,054	0,076	0,158	0,093	0,089	0,090	0,082
Нервонова (15-тетра- козенова)	24:1ω9	0,108	0,187	0,244	0,220	0,224	0,182	0,237	0,205	0,258	0,263	0,161	0,200

Щодо гондоїнової кислоти (11-ейкозенової), то найбільшим вмістом відзначилися форми ЕОРЖЯФ-3 (12,836 %) та ЕОРЖЯФ-4 (12,909 %).

Висновки

У результаті багаторічних інтродукційних та селекційних досліджень у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України спільно з ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України створено цінний генофонд *Camelina sativa*, який нараховує 20 таксонів, серед них 2 сорти власної селекції.

Camelina sativa — найскоростигліша культура. Досліджені форми та сорти відрізнялися за тривалістю вегетаційного періоду (від 65 до 90 діб).

Для створення насінних посівів з високою продуктивністю кращим періодом сівби є III декада квітня — III декада травня.

За основними морфометричними параметрами рослин встановлено суттєву перевагу сортів Перемога та Євро-12.

Продуктивність рослин *Camelina sativa* залежить від формових і сортових особливостей. Урожайність надземної маси становить від 13,92 до 25,20 т/га. Найбільшу загальну та надземну масу, а також масу насіння і коріння формують сорти Перемога та Євро-12.

Для рослин *Camelina sativa* характерна висока насінна продуктивність (3237–4111 кг/га). Основна маса насіння у рослин формується на бічних пагонах (64,5–81,1 %). За насінневою продуктивністю кращими є сорти Перемога, Євро-12 та форма ЕОРЖЯФ-4. Насіння всіх форм і сортів характеризується високою енергетичною цінністю (5678–5965 ккал/кг) та великим виходом енергії на одиницю площі (18,72–23,95 Гкал/га).

Характерною особливістю рослин *Camelina sativa* є високий вміст ліпідів у насінні (36,04–43,89 %) та великий його вихід з урожаєм (1058–1330 кг/га).

Олія *Camelina sativa* має високу теплоємність, що забезпечує великий вихід енергії на одиницю площі (9,80–12,35 Гкал/га). Як за вмістом ліпідів у насінні, так і за виходом

енергії з олії переважали сорти Перемога, Євро-12 та форма ЕОРЖЯФ-4.

Для всіх форм і сортів рослин *Camelina sativa* характерним є високий вміст ліноленової, лінолевої, олеїнової, гондоїнової (11-ейкозенової), пальмітинової та ерукової кислоти. Найбільший вміст поліненасиченої ліноленової кислоти зафіксовано для форми ЕОРЖЯФД (38,271 %) та сорту Євро-12 (35,564 %). Сорт Колондайка та форми ЕОРЖЯФ-4, ЕОРЖЯФД і ЕОРЖЯФЧ відрізнялися вищим вмістом лінолевої кислоти. Високий вміст олеїнової кислоти — у насінні форми ЕОРЖЯФ-2 (18,467 %) та сортів Міраж (17,482 %) і Перемога (17,319 %). Для використання олії для технічних та енергетичних цілей цінними є форми ЕОРЖЯФЧП, ЕОРЖЯФ-5 і сорт Євро-12, які характеризуються високим вмістом ерукової кислоти.

За жирнокислотним складом олія *Camelina sativa* є цінною сировиною для використання для енергетичних, технічних, харчових та лікарських цілей.

Козленко О.М. Стабільність та пластичність олійних культур в умовах Правобережного Лісостепу України / О.М. Козленко // Зб. наук. пр. НЦЦ «Інститут землеробства НААН». — 2010. — № 4. — С. 137–142.

Рахметов Д.Б. Роль нових культур у фітоенергетиці України / Д.Б. Рахметов. — К.: Наук. вісн. НАУ. — 2007. — № 116. — С. 13–20.

Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні / Д.Б. Рахметов. — К.: Аграр Медіа Груп, 2011. — 398 с.

Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив / Я.Б. Блюм, І.П. Григорюк, К.В. Дмитрук [та ін.] — К.: Аграр Медіа Груп, 2014. — 360 с.

Abramovic H. Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil / H. Abramovic, V. Abram // Food Technology and Biotechnology. — 2005. — Vol. 43, N 1. — P. 63–70.

Camelina sativa: a new source of vegetal oils / F. Imbrea, S. Jurcoane, H.V. Halmajan [et al.] // Romanian Biotechnological Letters. — 2011. — Vol. 16, N 3. — P. 6263–6270.

Camelina: a promising low-input oilseed New Crops / D.H. Putnam, J.T. Budin, L.A. Field [et al.]. — New York: Wiley, 1993. — P. 314–322.

Cais-Sokolinska D. The effect of *Camelina sativa* cake diet supplementation on sensory and volatile profiles of ewe's milk / D. Cais-Sokolinska, M. Majcher, J. Pikul [et

al.] // Afr. J. Biotechnol. — 2011. — Vol. 10, N 37. — P. 7245–7552.

Cherian G. *Camelina sativa* in poultry diets: opportunities and challenges / Biofuel coproducts as livestock feed. Opportunities and challenges / G. Cherian. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. — P. 303–310.

Use of dietary *Camelina (Camelina sativa)* seeds during the finishing period: effects on broiler performance and on the organoleptic traits of broiler meat / G. Ciareacu, V. Hebean, V. Tamas, D. Burcea // Zootehnie si Biotehnologii. — 2007. — Vol. 40, N 1. — P. 410–417.

Lipid-lowering evaluation of cold-pressed *Camellina sativa* oil / Q. Deng, F. Huang, Q. Huang [et al.] // Journal of Food, Agriculture and Environment. — 2001. — Vol. 9. — P. 157–162.

Nutrient supply for organic oilseed crops and quality of potential organic protein feed for ruminants and poultry / B.I.F. Henriksen, A.R. Lundon, E. Prestlokken [et al.] // Agronomy Research. — 2009. — Vol. 7 (Special issue II). — P. 592–598.

Moser B.A. Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel / B.A. Moser, S.F. Vaughn // Biore-source Technology. — 2010. — Vol. 101. — P. 646–653.

Russo R. Antinutritive compounds in twelve *Camelina sativa* genotypes / R. Russo, R. Reggiani // American Journal of Plant Science. — 2012. — Vol. 3. — P. 1408–1412.

Scarath R. Modification of *Brassica* oil using conventional and transgenic approaches / R. Scarath, G. Tang // Crop. Sci. — 2006. — Vol. 46. — P. 1225–1236.

Fatty acid composition of *Camelina sativa* as affected by combined nitrogen and sulphur fertilization / M. Sipalova, T. Losak, J. Hlusek [et al.] // Afr J Agricultural Research. — 2011. — Vol. 6, N 16. — P. 3919–3923.

Lipase-catalyzed alcoholysis of crambe oil and camelina oil for the preparation of long-chain esters / G. Steinke, R. Kirchoff, K.D. Mulherju // Journal of the American Oil Chemists' Society. — 2000. — Vol. 77, N 4. — P. 361–366.

Zubr J. Effect of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil / J. Zubr, B. Matthauss // Industrial Crops and Products. — 2002. — Vol. 15. — P. 155–162.

REFERENCES

Kozlenko O.M. (2010). Stabilnist ta plastichnist oliinykh kultur v umovakh pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Stability and flexibility of oil rich cultivars in the conditions of the right bank forest steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats NTSTS «Instytut zemlerobstva NAAN», N 4, pp. 137–142.

Rakhmetov D.B. (2007). Rol novykh kultur u fito-energetytsi Ukrainy [Role of new plant cultivars in phyto-

energy potential of Ukraine]. Naukoviy visnyk NAU, N 116, pp. 13–20.

Rakhmetov D.B. (2011). Teoretychni ta prykladni aspekty introduksii roslyn v Ukraini [Theoretical and practical aspects of plant introduction in Ukraine]. Kyiv, Agrar Media Grup, 398 p.

Blum Ya.B., Grigoryuk I.P., Dmitruk K.V., Dubrovin V.O. Yemec A.I., Kaletnik G.M., Melnichuk M.D., Mironenko V.G., Rakhmetov D.B., Sibirnij A.A., Cigankov S.P. (2014). Sistema vykorystannya bioresursiv i novitnikh biotekhnologiya otrymannya alternatyvnykh palyv [System of bio-resources usage and modern biotechnology in production of alternatives fuels], Kyiv, Agrar Media Grup, 360 p.

Abramovic H., Abram V. (2005). Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil. Food Technology and Biotechnology, vol. 43, N 1, pp. 63–70.

Cais-Sokolinska D., Majcher M., Pikul J., Bielinska S., Czuderna M., Wojfowski J. (2011). The effect of *Camelina sativa* cake diet supplementation on sensory and volatile profiles of ewe's milk, African Journal of Biotechnology, vol. 10, N 37, pp. 7245–7552.

Cherian G. (2012). *Camelina sativa* in poultry diets: opportunities and challenges Biofuel co-products as livestock feed. Opportunities and challenges, ome: Food and agriculture organization of the United Nations, pp. 303–310.

Ciareacu G., Hebean V., Tamas V., Burcea D. (2007). Use of dietary *Camelina (Camelina sativa)* seeds during the finishing period: effects on broiler performance and on the organoleptic traits of broiler meat, Zootehnie si Biotehnologii, vol. 40, N 1, pp. 410–417.

Deng Q., Huang F., Huang Q., Xu J., Liu C. (2001). Lipid-lowering evaluation of cold-pressed *Camellina sativa* oil, Journal of Food, Agriculture and Environment, vol. 9, pp. 157–162.

Henriksen B., Lundon A., Prestlokken E., Abrahamsen U., Eltun R. (2009). Nutrient supply for organic oilseed crops and quality of potential organic protein feed for ruminants and poultry, Agronomy Research, vol. 7, Special issue II, pp. 592–598.

Imbrea F., Jurcoane S., Halmajan H., Duda M., Botos L. (2011). *Camelina sativa*: a new source of vegetal oils, Romanian Biotechnological Letters, vol. 16, N 3, pp. 6263–6270.

Moser B.A., Vaughn S.F. (2010). Evaluation of alkyl esters from *Camelina sativa* oil as biodiesel and as blend components in ultra low-sulfur diesel fuel, Biore-source Technology, vol. 101, pp. 646–653.

Putnam D.H., Budin J.T., Field L.A., Breene W.M. (1993). *Camelina*: a promising low-input oilseed New Crops, New York: Wiley, pp. 314–322.

Russo R., Reggiani R. (2012). Antinutritive compounds in twelve *Camelina sativa* genotypes, American Journal of Plant Science, vol. 3, pp. 1408–1412.

Scarath R., Tang G. (2006). Modification of *Brassica* oil using conventional and transgenic approaches, Crop. Sci., vol. 46, pp. 1225–1236.

Sipalova M., Losak T., Hlusek J., Vollmann J., Hudec J., Filipcik R., Macek M., Kracmar S. (2011). Fatty acid composition of *Camelina sativa* as affected by combined nitrogen and sulphur fertilization, African Journal of agricultural Research, vol. 6, N 16, pp. 3919–3923.

Steinke G., Kirchoff R., Mulherju K. (2000). Lipase-catalyzed alcoholysis of crambe oil and camelina oil for the preparation of long-chain esters, Journal of the American oil chemists' society, vol. 77, N 4, pp. 361–366.

Zubr J., Matthaus B. (2002). Effect of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil, Industrial Crops and Products, vol. 15, pp. 155–162.

Надійшла до редакції 06.01.2014 р.
Рекомендував до друку П.А. Мороз

Д.Б. Рахметов¹, Я.Б. Блюм², А.И. Емец²,
Ю.М. Бойчук², Л.Л. Андрущенко¹, Л.М. Вергун¹,
С.А. Рахметова¹

¹Национальный ботанический сад
им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Украина, г. Киев
²ГУ «Институт пищевой биотехнологии и геномики»
НАН Украины, Украина, г. Киев

CAMELINA SATIVA (L.) CRANTZ — ЦЕННОЕ МАСЛИЧНОЕ РАСТЕНИЕ

Цель работы — установить продуктивный, энергетический, интродукционный потенциал форм и сортов *Camelina sativa* (L.) Crantz как перспективного сырьевого растения для производства биотоплива.

Материал и методы. Исследованы формы и сорта *Camelina sativa*, созданные в НБС им. Н.Н. Гришко НАН Украины совместно с ГУ «Институт пищевой биотехнологии и геномики» НАН Украины. Содержание липидов в семенах определяли методом обезжиренного остатка с помощью аппарата Сокслета. Липиды получали из измельченных семян экстракцией петролейным эфиром. Триглицеридный состав масла определяли методом неводной обратно-фазовой жидкостной хроматографии. Определение энергетической ценности образцов осуществляли на калориметре «ИСО-200».

Результаты. Доказано, что для создания семенных посевов с высокой продуктивностью растений *Camelina sativa* лучшим периодом сева является III декада апреля — III декада мая. Растения *Camelina sativa* обеспечивают высокую урожайность надземной массы (13,92–25,20 т/га). Большую общую и надземную массу, а также массу семян и корней формируют сорта Перемога и Евро-12. Для растений *Camelina sativa* характерна высокая семенная продуктивность (3237–4111 кг/га). Семена различных форм и сортов отличаются высокой энергетической ценностью (5678–5965 ккал/кг) и большим выходом энергии с единицы площади (18,72–23,95 Гкал/га). Характерной особенностью рас-

тений является высокое содержание липидов (36,04–43,89 %) в семенах и большой их выход с урожаем (1058–1330 кг/га). Установлено, что масло *Camelina sativa* обладает высокой теплоемкостью, что обеспечивает большой выход энергии с единицы площади (9,80–12,35 Гкал/га). Как за выходом липидов из семян, так и за выходом энергии из масла преобладали сорта Перемога, Евро-12 и форма ЕОРЖЯФ-4. Для всех форм и сортов растений *Camelina sativa* характерно высокое содержание линоленовой, линолевой, олеиновой, гондоиновой (11-эйкозеновая), пальмитиновой и эруковой кислот. Наибольшее содержание полиненасыщенной линоленовой кислоты имеют форма ЕОРЖЯФД (38,271 %) и сорт Евро-12 (35,564 %). Сорт Колондайк и формы ЕОРЖЯФ-4, ЕОРЖЯФД, ЕОРЖЯФЧ отличались высоким содержанием линолевой кислоты. Форма ЕОРЖЯФ-2 и сорта Мираж и Перемога — высоким содержанием олеиновой кислоты.

Выводы. Для использования масла *Camelina sativa* для технических и энергетических целей ценными являются формы ЕОРЖЯФЧП, ЕОРЖЯФ-5 и сорт Евро-12, которые характеризуются высоким содержанием эруковой кислоты. По жирнокислотному составу масло *Camelina sativa* — ценное сырье для энергетических, технических, пищевых и лекарственных целей.

Ключевые слова: *Camelina sativa* (L.) Crantz, формы и сорта, жирнокислотный состав масла, энергетическая ценность.

Д.Б. Рахметов¹, Я.Б. Блюм², А.И. Емец²,
Ю.М. Бойчук², О.Л. Андрущенко¹, О.М. Вергун¹,
С.О. Рахметова¹

¹ М.М. Gryshko National Botanical Garden
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

² Institute of Food Biotechnology and Genomics,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

CAMELINA SATIVA (L.) CRANTZ — VALUABLE OIL PLANT

Purpose of the study — determine production, energy, and introduction potentials of various forms of *Camelina sativa* as a perspective raw plant material for biofuel production.

Material and methods. Research results on various forms and cultivars of *Camelina sativa* (L.) Crantz created in M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine in collaboration with Institute of Food Biotechnology and Genomics of the NAS of Ukraine are presented. Lipid content was estimated using Soxtherm extraction system. Method of reverse phase liquid chromatography was applied to evaluate triglyceride content. The energy value of samples was calculated with C200 calorimeter system.

Results. We established that the most productive yield of above-ground plant mass of *Camelina sativa* is reached when a planting of seeds is done from the third decade of april to the third decade of may. *Camelina sativa* plants can provide 13,92–25,20 t/ha yield of above ground plant mass. The highest value of plant biomass (above ground mass, seeds, roots) is produced by Peremoga and Euro-12 cultivars. *Camelina sativa* plants can produce 3237–4111 kg/ha of seed harvest. Various forms and cultivars of *Camelina sativa* are distinguished by high energy value of their seeds (5678–5965 Kcal/ha) and a reasonable energy yield per one square unit (18,72–23,95 Gcal/ha). Seeds of *Camelina sativa* have rich lipid value (36,04–43,89%), what can yield 1058–1330 kg/ha during harvest. High heat capacity of *Camelina sativa* oil results in substantial amounts of generated energy (9,80–12,35 Gcal/ha). The greatest yield on lipids and therefore on energy production from plants seeds are most common for Peremoga, Euro-12 cultivars and EORGHJAF-4 form. Increased quantities

of linolenic, linoleic, oleic, gondoic (11-eicosenoic acid) palmitic, and erucic acids are found in all forms and cultivars of *Camelina sativa*. The highest quantities of polyunsaturated linolenic are prevalent for EORGHJAFD (38,271 %) and Euro-12 (35,564%). Increased quantity of linoleic acid is determined for Kolondayk cultivar and EORGHJAF-4, EORGHJAFD, EORGHJAFCH forms. Among experimental plants suitable for food purposes the most attention is drawn to forms and cultivars with high oleic acid EORGHJAF-2 (18,467 %), Mirag (17,482 %) and Peremoga (17,319 %).

Conclusions. Forms EORGHJAFCHP, EORGHJAF-5 and cultivar Euro-12 of *Camelina sativa* with increased erucic acid content are used for industrial and energy purposes. Fatty acid rich composition of *Camelina sativa* oil makes it valuable raw material for energy, food, medicine and industrial purposes.

Key words: *Camelina sativa* (L.) Crantz, forms and cultivar, fatty acid composition oil, energy value.